

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

MARIO PEREIRA DE GODOI NETO

**CONFIABILIDADE HUMANA: UMA ABORDAGEM NA ANÁLISE
ERGONOMICA DURANTE A OPERAÇÃO DE USINAS
HIDROELÉTRICAS À DISTÂNCIA POR MEIO DE SUPERVISÓRIO DE
ALTA PERFORMANCE**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

MARIO PEREIRA DE GODOI NETO

**CONFIABILIDADE HUMANA: UMA ABORDAGEM NA ANÁLISE
ERGONOMICA DURANTE A OPERAÇÃO DE USINAS
HIDROELÉTRICAS À DISTÂNCIA POR MEIO DE SUPERVISÓRIO DE
ALTA PERFORMANCE**

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Especialista em
Engenharia da Confiabilidade, do
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

CURITIBA

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Especialização em Engenharia da Confiabilidade



TERMO DE APROVAÇÃO

CONFIABILIDADE HUMANA: UMA ABORDAGEM NA ANÁLISE ERGONOMICA DURANTE A OPERAÇÃO DE USINAS HIDROELÉTRICAS À DISTÂNCIA POR MEIO DE SUPERVISÓRIO DE ALTA PERFORMANCE

por

MARIO PEREIRA DE GODOI NETO

Esta monografia foi apresentada em 10 de novembro de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Marcelo Rodrigues Dr.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Carlos Henrique Mariano Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Membro Titular da Banca - UTFPR

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho à minha querida esposa Maria Luzia que sempre esteve presente nos momentos em que a placidez me estava distante, pela cumplicidade e parceria de vida.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é a realização de um desejo pessoal que busca explicitar cada vez mais a necessidade e preocupação com a análise da confiabilidade humana e que não poderia ser concretizado sem ajuda de pessoas excelentes e compromissadas, portanto, meu agradecimento sincero:

A Deus pela oportunidade de vida e inspiração.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Rodrigues, pelo suporte e sabedoria com a qual me guiou nesta trajetória.

Ao coordenador do curso Prof. Dr. Emerson Rigoni, pela excelente coordenação e respeito pela qual sempre tratou todos.

Ao Diretor da empresa EDP, Eng.º José Cherem ao qual me deu todo suporte e apoio para realização deste trabalho.

Ao Gerente Executivo da empresa EDP, Eng.º Hudson Indrigo pelo suporte e total apoio para realização de estudos sobre este tema sob sua gerência.

Ao Gerente Executivo da empresa EDP, Eng.º André Caetano ao qual meu deu todo suporte e orientações para a concretização deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho e amigos pessoais, Eng.º Hyghor Cortes e Eng.º. Thiago Del Vecchio aos quais sem eles este trabalho não seria possível.

Aos meus amigos e membros da equipe de operação em tempo real do centro de operação da EDP, Ander Rubens e Tiago Oliveira aos quais acreditaram e se dedicaram à realização deste trabalho.

Aos colegas de trabalho que se dispuseram a dedicar tempo para o preenchimento dos formulários de pesquisa que fazem parte deste trabalho.

Quero também deixar registrado, o reconhecimento aos meus pais, Ivone e Paulo Godoi, que me deram a possibilidade de chegar até aqui e que certamente sem o apoio deles seria impossível vencer mais esse desafio.

Enfim, deixo aqui meus sinceros agradecimentos a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização deste trabalho.

Tornou-se chocantemente óbvio que a nossa tecnologia excedeu a nossa humanidade. (EISTEN, Albert, 1942)

RESUMO

GODOI, Mario Pereira. **Confiabilidade humana: uma abordagem na análise ergonômica durante a operação de usinas hidroelétricas à distância por meio de supervisório de alta performance.** 2017. 82 f. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

A análise da confiabilidade humana (ACH) observa as ações humanas em diversos sistemas com base nas limitações e os diferentes fatores que influenciam o seu desempenho. Com o avanço da tecnologia surgiram por parte dos fabricantes diversos padrões de interfaces homens máquina (IHM) o que podem influenciar diretamente na ergonomia, desempenho e limitações sobre as ações humanas. Com isso as diferenças de IHM tem se apresentado como um ponto de atenção para operadores que trabalham de forma centralizada, ou seja, operam em um mesmo lugar várias plantas e consequentes diferentes estruturas, principalmente devido às diferenças de cores, sons, e metodologia de alarmes. Essas diferenças apresentadas podem potencializar os riscos de falhas humanas bem como o mal-estar ergonômico do operador. Esta situação deve ser tratada, otimizada e aprimorada por meio de processos que podem padronizar e tornar as IHM de alta performance. Para isso foi proposto neste trabalho a metodologia baseada nas normas ISA 101 – *Human Machine Interfaces for Process Automation* e ISA 18.2 – *Management of Alarm System for Process Industries* de modo a apresentar uma IHM de alta performance e uma metodologia de alarmes para um sistema de supervisão e controle. Este trabalho apresenta unificação de diversos padrões de IHM em um único padrão de forma a tornar a utilização ergonomicamente melhor para os operadores e consequentemente minimizar a probabilidade de falha humana. O resultado deste trabalho aponta para uma metodologia efetiva na prevenção da falha humana, no entanto também direciona para um longo caminho a ser trilhado no sentido de melhorar a ergonomia do operador e consequentemente a diminuição de falha humana.

Palavras-chave: Confiabilidade humana. Ergonomia. Interface gráfica. ISA 101. ISA 18.2. IHM.

ABSTRACT

GODOI, Mario Pereira. **Human reliability: an approach in the ergonomic analysis during the operation of hydroelectric power plants by means of a high performance supervisory.** 2017. 82 p. Monograph (Specialization in Reliability Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2017.

Human reliability analysis (ACH) looks at human actions in different systems based on the limitations and different factors that influence their performance. With the advancement of the technology, manufacturers have created several different machine interface (HMI) standards, which can directly influence ergonomics, performance and limitations on human actions. In this way the differences of HMI have been presented as a point of attention for operators that work in a centralized way, that is, they operate in the same place several plants and consequent different structures, mainly due to the differences of colors, sounds, and methodology of alarms. These differences can increase the risks of human failure as well as the ergonomic malaise of the operator. This situation must be addressed, optimized, and improved through processes that can standardize and make high-performance HMIs. For this, the methodology based on ISA 101 - Human Machine Interfaces for Process Automation and ISA 18.2 - Management of Alarm Systems for Process Industries was proposed in order to present a high performance HMI and alarm methodology for a supervisory system and control. This work presents the unification of several HMI standards in a single standard in order to make the use ergonomically better for the operators and consequently to minimize the probability of human failure. The result of this work points to an effective methodology in the prevention of human failure, however it also leads to a long way to be taken in order to improve operator ergonomics and consequently decrease human failure.

Key-words: Human reliability. Ergonomics. Graphic interface. ISA 101. ISA 18.2. IHM.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Sistema Elétrico Brasileiro.....	14
Figura 1.2 – Mapa das Usinas de Geração do Grupo	17
Figura 1.3 – Estrutura Organizacional do COG	19
Figura 2.1 – Campos da Ergonomia Contemporânea	25
Figura 2.2 – Processo Perceptivo, Cognitivo e Motor	26
Figura 2.3 – Modelo Cognitivo Humano	27
Figura 2.4 – Modelo Cognitivo.....	28
Figura 2.5 – Indicador de Velocidade do Avião	31
Figura 3.1 – Metodologia para Gerenciamento de Alarmes	35
Figura 3.2 – Ciclo de Vida de Desenvolvimento de IHM	41
Figura 3.3 – IHM com os padrões da ISA 101.....	42
Figura 3.4 – Comparação de aplicação do padrão ISA 101	43
Figura 3.5 – Comparação de aplicação do padrão ISA 101	44
Figura 4.1 – Tela Principal.....	47
Figura 4.2 – Tela da Subestação	48
Figura 4.3 – Tela do Serviço Auxiliar.....	49
Figura 4.4 -Tela de Proteção e Sinalizações.....	50
Figura 4.5 – Tela de Medidas.....	51
Figura 4.6 – Tela de Sequência de Partidas da Unidade Geradora	53
Figura 4.7 – Tela de Hidrologia	54
Figura 4.8 – Tela de Monitoramento de Telecon.....	55
Figura 4.9 – Tela Principal.....	58
Figura 4.10 – Tela da Subestação	60
Figura 4.11 – Tela do Serviço Auxiliar.....	61
Figura 4.12 -Tela de Proteção e Sinalizações.....	63
Figura 4.13 – Tela de Medidas.....	64
Figura 4.14 – Tela de Sequência de Partidas da Unidade Geradora	65
Figura 4.15 – Tela de Hidrologia	67
Figura 4.16 – Tela de Monitoramento de Telecon.....	69
Gráfico 2.1- Evolução do Número de Alarmes por Operador	32
Gráfico 4.1 – Resultado da Pesquisa – Tela Principal.....	47
Gráfico 4.2 – Resultado da Pesquisa – Tela da Subestação	48
Gráfico 4.3 – Resultado da Pesquisa – Tela do Serviço Auxiliar.....	50
Gráfico 4.4 – Resultado da Pesquisa – Tela de Proteção e Sinalizações	51
Gráfico 4.5 – Resultado da Pesquisa – Tela de Medidas.....	52
Gráfico 4.6 – Resultado da Pesquisa – Tela de Sequência de Partidas da Unidade Geradora	53
Gráfico 4.7 – Resultado da Pesquisa – Tela de Hidrologia	54

Gráfico 4.8 – Resultado da Pesquisa – Tela de Monitoramento de Telecon.....	56
Gráfico 4.9 – Resultado da Pesquisa – Incidência de Alarmes	56
Gráfico 4.10 – Resultado da Pesquisa – Tela Principal	59
Gráfico 4.11 – Resultado da Pesquisa – Tela da Subestação	60
Gráfico 4.12 – Resultado da Pesquisa – Tela do Serviço Auxiliar.....	62
Gráfico 4.13 – Resultado da Pesquisa – Tela de Proteção e Sinalizações.....	63
Gráfico 4.14 – Resultado da Pesquisa – Tela de Medidas.....	65
Gráfico 4.15 – Resultado da Pesquisa – Tela de Sequência de Partidas da Unidade Geradora	66
Gráfico 4.16 – Resultado da Pesquisa – Tela de Hidrologia	68
Gráfico 4.17 – Resultado da Pesquisa – Tela de Monitoramento de Telecon.....	69
Gráfico 4.18 – Resultado da Pesquisa – Incidência de Alarmes	71
Gráfico 5.1 – Comparação dos Resultados – Tela Principal	74
Quadro 3.1 – Índice de Desempenho ISA 18.2	38
Quadro 3.2 – Índice de Desempenho EEMUA	38

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS.

LISTA DE SIGLAS

ACH	Análise de Confiabilidade Humana
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional de Petróleo e Gás
CO	Centro de Operação
COG	Centro de Operação da Geração
CLP	Controlador Lógico Programável
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IHM	Interface Homem Máquina
MME	Ministério de Minas e Energia
PND	Plano Nacional de Desestatização
ONS	Operador Nacional do Sistema
UHE	Usina Hidroelétrica
SSC	Sistema de Supervisão e Controle

LISTA DE ACRÔNIMOS

ISA	International Society of Automation
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SEB	Setor Elétrico Brasileiro
CERJ	Companhia de Eletricidade do Estado do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	EMPRESA ESTUDADA	16
	A Empresa.....	17
1.2	PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA	18
1.3	OBJETIVOS	20
	Objetivo Geral.....	20
	Objetivos Específicos	20
1.4	JUSTIFICATIVA	21
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	21
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2.1	ANALISE DA CONFIABILIDADE HUMANA	24
	Fatores Ergonômicos	25
2.1.1.1	Modelos Cognitivos	26
2.1.1.2	Modelo Cognitivo de Gagné	26
2.1.1.3	Modelo Cognitivo de Santos.....	27
2.1.1.4	Modelo Cognitivo de Rasmussen	28
2.1.1.5	Características dos Modelos Apresentados	29
2.2	INTERFACE HOMEM MÁQUINA	29
	Usabilidade.....	29
	Alarmes	31
2.3	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	32
3	CONFIABILIDADE HUMANA NA VISÃO ISA 18.2 E 101	34
3.1	ISA 18.2 <i>MANAGEMENT OF ALARM SYSTEM FOR PROCESS INDUSTRIES</i>	34
	Identificação	36
	Racionalização	36
	Projeto de Alarme.....	36
	Implantação.....	36
	Operação e Manutenção e Monitoração	37
	Gestão de Mudanças	39
	Auditoria	39
3.2	ISA 101 <i>HUMAN MACHINE INTERFACES FOR PROCESS AUTOMATION</i>	40
	Principais propostas da ISA 101.....	41
	Exemplos e Aplicações da ISA 101.....	43
3.3	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	44
4	DESENVOLVIMENTO.....	46
4.1	1ª FASE: AVALIAÇÃO DA IHM EXISTENTE	46
	Tela Principal.....	46

	Avaliação dos usuários.....	47
	Tela da Subestação.....	48
	Avaliação dos usuários.....	48
	Tela do Serviço Auxiliar.....	49
	Avaliação dos usuários.....	50
	Tela de Proteção e Sinalizações.....	50
	Avaliação dos usuários.....	51
	Tela de Medidas.....	51
	Avaliação dos usuários.....	52
	Tela de Sequência de Partidas da Unidade Geradora.....	52
	Avaliação dos usuários.....	53
	Tela de Hidrologia.....	54
	Tela de Monitoramento de Telecon.....	55
	Avaliação dos usuários.....	56
	Incidência de alarmes.....	56
	Avaliação dos usuários.....	56
4.2	2ª FASE: ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA.....	57
4.3	3ª FASE: DESENVOLVIMENTO DA IHM DE ALTA PERFORMANCE.....	58
	Tela Principal.....	58
	Avaliação dos usuários.....	59
	Tela da Subestação.....	59
	Avaliação dos usuários.....	60
	Tela do Serviço Auxiliar.....	61
	Avaliação dos usuários.....	62
	Tela de Proteção e Sinalizações.....	62
	Avaliação dos usuários.....	63
	Tela de Medidas.....	64
	Avaliação dos usuários.....	65
	Tela de Sequência de Partidas da Unidade Geradora.....	65
	Avaliação dos usuários.....	66
	Tela de Hidrologia.....	67
	Avaliação dos usuários.....	68
	Tela de Monitoramento de Telecon.....	68
	Avaliação dos usuários.....	69
	Incidência de alarmes.....	70
	Avaliação dos usuários.....	71
4.4	4ª FASE: ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA DA NOVA IHM.....	71
4.5	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	72
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
5.1	RESULTADOS POSITIVOS.....	73
5.2	DIFICULDADES ENCONTRADAS E SUPERAÇÕES.....	75

5.3	BENEFÍCIOS DO PROJETO.....	76
5.4	PROPOSTA DE EXTENSÃO DO TRABALHO DESENVOLVIDO.	77
	APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DA IHM	82

1 INTRODUÇÃO

O SEB - Setor Elétrico Brasileiro passou e ainda passa por mudanças significativas desde o início das privatizações em meados de 1996 com a criação do PND - Plano Nacional de Desestatização, com isso o número de empresas estrangeiras no setor elétrico aumentou substancialmente trazendo diversos padrões e metodologias de trabalho diferentes. Uma das principais características das mudanças foi à necessidade da criação de grandes COGs - Centro de Operação da Geração, para que de maneira centralizada e remota os diversos seguimentos de geração, transmissão e distribuição fossem operados e controlados de maneira eficiente e do mesmo modo o nos - Operador Nacional do Sistema, tivesse contato imediato com as instalações de uma determinada empresa e de forma rápida obtivesse o estado em tempo real destas instalações.

Para que o SEB funcione de maneira eficiente foram criados pelo governo federal os órgãos que regulam e fiscalizam o setor. A Figura 1.1 representa a sistemática do SEB bem como as leis e decretos que diz respeito à suas respectivas criações.

Figura 1.1 – Sistema Elétrico Brasileiro



Fonte: http://www.ons.org.br/institucional_linguas/relacionamentos.aspx (2017)

A seguir estão descritas, segundo o ONS, as principais atribuições e responsabilidade de cada órgão:

- Conselho Nacional de Política Energética (CNPE): Órgão de assessoramento do Presidente da República para formulação de políticas nacionais e diretrizes de energia, visando, dentre outros, o aproveitamento natural dos recursos energéticos do país, rever periodicamente a matriz energética e estabelecer diretrizes para programas específicos. É órgão multiministerial presidido pelo Ministro de Minas e Energia.
- Ministério de Minas e Energia (MME): Encarregado de formulação, do planejamento e implementação de ações do Governo Federal no âmbito da política energética nacional.
- Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE): O CMSE foi criado pela Lei nº 10.848 de 15/03/2004, regulamentado pelo Decreto nº 5.175 de 09/08/2004 e é coordenado diretamente pelo Ministro de Minas e Energia (MME). Sua função principal é monitorar e avaliar permanentemente as condições de segurança e continuidade do suprimento de energia no país.

É composto por:

- Ministro de Minas e Energia, coordenador do Comitê;
- Quatro representantes do MME e os CEOs das instituições seguintes:
 - Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel);
 - Agência Nacional de Petróleo e Gás (ANP);
 - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE);
 - Empresa de Pesquisa Energética (EPE);
 - Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).
- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE): Pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, sob regulação e fiscalização da ANEEL, com finalidade de viabilizar a comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN). Administra os contratos de compra e venda de energia elétrica, sua contabilização e liquidação.

- Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS): Pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, sob regulação e fiscalização da ANEEL, tem por objetivo executar as atividades de coordenação e controle da operação de geração e transmissão, no âmbito do SIN.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL): Autarquia sobre regime especial, vinculada ao MME, com finalidade de regular a fiscalização a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do Governo Federal.
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE): Tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

1.1 EMPRESA ESTUDADA

No contexto do PND, a empresa portuguesa, EDP Energias de Portugal chegou ao Brasil em meados 1996 iniciando suas atividades no país através de uma aquisição minoritária da CERJ - Companhia de Eletricidade do Estado do Rio de Janeiro.

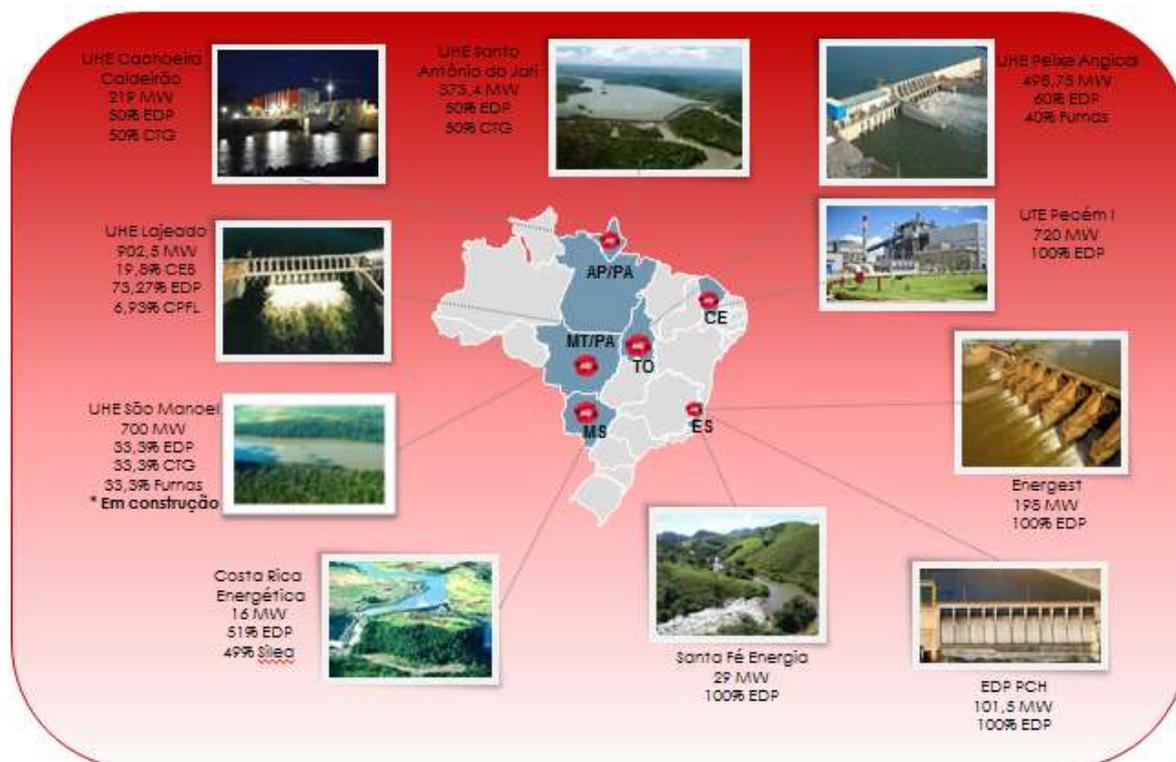
Conforme informações relatadas no site da empresa, em 2010 foi criado o COG para que a operação das 14 usinas hidroelétricas do grupo fosse coordenada de maneira centralizada. Desta forma, de maneira a delimitar a área de trabalho, será dado o foco apenas a área de geração hidroelétrica. Com isso, atualmente o COG supervisiona, coordena e ou opera as 14 usinas do grupo que estão geograficamente distantes conforme mostra a Figura 1.2:

A criação do COG advém da necessidade de supervisão, coordenação e operação das usinas hídricas além de informações rápidas e centralizadas para os órgãos reguladores, tais como o ONS e a ANEEL, bem como a diretoria da empresa.

Para que seja possível a supervisão e comando das usinas através do COG é preciso que haja comunicação entre os SSC das usinas e do COG, no entanto com a diversificação de fabricantes e avanço das tecnologias, atualmente temos no mínimo 4 (quatro) fabricantes diferentes o que traz para o COG metodologias de SSC

diferentes, principalmente, no quesito de cores, sons e alarmes. Essa diversificação traz uma questão importante, pois o SSC - Sistema de Supervisão e Controle, do COG é operado por humanos que com os diferentes SSC, pode ocorrer equívoco e conseqüentemente falhas operacionais.

Figura 1.2 – Mapa das Usinas de Geração do Grupo



Fonte: Empresa EDP (2017)

Dentro do contexto de centralização do SSC, é necessário que todos os SSC das usinas sejam convertidos em um único SSC para o COG e que seja um padrão de formar a orientar e auxiliar o operador, bem como não causar transtornos ergonômicos cognitivos, tais como, excesso do número de alarmes, excesso de cores e sons que provoquem a irritabilidade ao longo do tempo.

A Empresa

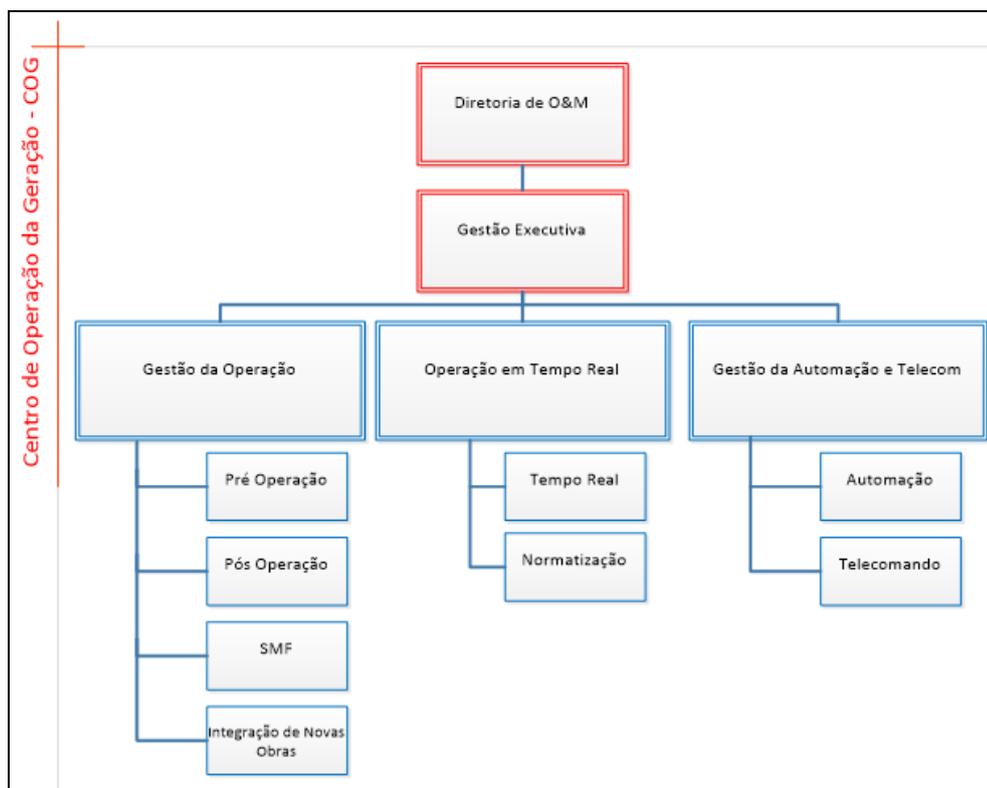
A EDP atua nos segmentos de Geração, Distribuição e Comercialização e Soluções de energia elétrica no País. Com sede na cidade de São Paulo, a EDP possui ativos em oito estados: Amapá, Ceará, Espírito Santo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, São Paulo e Tocantins.

Controlada pela EDP Energias de Portugal S.A, uma das maiores operadoras europeias no setor energético, a EDP Energias do Brasil S.A. abriu seu capital no Novo Mercado da BM&F Bovespa, em 13 de julho de 2005, aderindo aos mais elevados padrões de Governança Corporativa. Já em janeiro de 2013, a Companhia ingressou no IBOVESPA, principal índice do mercado de valores mobiliários da América Latina, decorrente do desdobramento de suas ações ordinárias em 2012. Além dos índices listados, a EDP integra o Índice de Sustentabilidade da BM&F Bovespa (ISE), que reúne empresas que adotam boas práticas corporativas no que diz respeito a aspectos ambientais, sociais e de governança corporativa.

1.2 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA

O COG supervisiona, coordena e opera as usinas hidroelétricas através de um sistema SCADA ao qual recebe os dados digitais e analógicos das usinas e para isso a equipe é dividida conforme Figura 1.3, sendo a equipe de tempo real a equipe que trabalha em regime de turno de maneira a operar e assistir as usinas 24 horas por dia.

Figura 1.3 – Estrutura Organizacional do COG



Fonte: Próprio autor (2017)

Atualmente as usinas possuem fabricantes diferentes e como os fabricantes possuem origens de países diferentes, os padrões de SSC foram criados de maneiras diversificadas e como isso o número de alarmes sonoros, cores, sons produzidos pelos alarmes e navegação no SSC se diferem de acordo com cada usina.

Para que a operação seja realizada de maneira centralizada por meio de um COG, temos algumas opções:

- a) Treinar a equipe de operação em cada SSC de maneira que ela conheça a metodologia de cada fabricante;
- b) Dividir a equipe de forma que cada operador seja treinado em um determinado SSC;
- c) Criar um único SSC com metodologias únicas e treinar toda a equipe com este novo padrão.

Para cada opção surgem os seguintes pontos:

- a) Treinar a equipe para que conheça a metodologia de cada fabricante pode trazer problemas ergonômicos, dado o número excessivo de diversificações, e conseqüentemente riscos de falhas operacionais.
- b) Para dividir a equipe de forma que cada equipe seja treinada em um único sistema, será necessário um número elevado de operadores, que pode tornar inviável a operação de forma centralizada;
- c) Criar um único SSC e treinar toda a equipe indica um caminho mais viável, no entanto não existe um padrão normatizado para criação de SSC a serem operados centralizadamente.

Com isso, o principal desafio deste trabalho, além de chamar a atenção para a importância e necessidade da ergonomia nos SSC, é propor um padrão para criação de um modelo SSC que atenda de maneira eficiente a operação das usinas e que traga ergonomia aos operadores.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo Geral

O objeto geral deste trabalho é propor um modelo de SSC para que seja possível supervisionar, coordenar e operar de maneira remota os ativos de qualquer que seja o fabricante de maneira eficiente e ergonômica.

Objetivos Específicos

Para cumprimento de seu objetivo geral, este trabalho deverá atender os seguintes objetivos específicos:

- Analisar as metodologias utilizadas nos SSC das usinas dos diversos fabricantes;
- Identificar pontos de melhoria e ergonomia;
- Pesquisar para levantamento sobre a padronização de um SSC que tem interação com diversos SSC com fabricantes diferentes;
- Propor um SSC que seja eficiente e ergonômico;

- Identificar qualitativamente a aprovação do trabalho desenvolvido.

1.4 JUSTIFICATIVA

Conforme Abrahão (2000) a ergonomia junto aos sistemas tecnológicos busca pesquisar as interações entre diferentes sistemas de modo que sejam criados padrões e métodos que direcionem os usuários e que favoreçam a execução das atividades.

Desta forma o trabalho centralizado por um CO - Centro de Operação, requer que o operador tenha uma atenção contínua devido ao grande número de ativos que são supervisionados e segundo Moares e Mont'alvão (2000) essas tarefas de supervisão contínua não traz esforços, no entanto pode ocasionar altos níveis de tensão para o operador.

Devido ao número de variáveis a serem observadas, selecionadas e interpretadas e considerando as diversas possibilidades de solução em um determinado sistema é necessário que os SSC e conseqüentemente as IHM - Interface Homem Máquina, sejam adaptadas aos modelos físicos, cognitivos e psíquicos do homem. Conforme Couto (1996) todo sistema proposto deve buscar as necessidades básicas da ergonomia, tais como, o conforto a produtividade e a segurança.

Com base no exposto se faz necessário a criação de um modelo de SSC que tenha uma IHM eficiente e ergonômica de forma a minimizar a probabilidade de falha humana.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com base no contexto dos sistemas de IHMs automáticos, onde a ação humana, é em sua maioria, apenas o monitoramento é preciso que seja feita uma IHM de alta performance de modo que torne o trabalho eficiente, uma vez que análises realizadas por Warm, (1984) refletem uma baixa eficiência das pessoas durante atividades de monitoramento de sistemas automáticos.

E segundo American Institute of Chemical Engineers - AICHE/ Center for Chemical Process Safety - CCPS AICHE/CCPS (1994) a avaliação, tal como a

engenharia dos fatores humanos tem como foco principal aprimorar as afinidades dos indivíduos nas IHMs.

Neste contexto este trabalho será realizado em 4 (quatro) fases, sendo:

1ª fase: Avaliação da eficiência das IHMs atuais utilizando um formulário de pesquisa padrão sendo realizadas junto aos operadores/utilizadores dos sistemas;

2ª fase: Análise do resultado da pesquisa e levantamento das necessidades para o desenvolvimento de uma IHM de alta performance, bem como uma pesquisa sobre normas e metodologias utilizadas no mercado tecnológico;

3ª fase: Desenvolvimento de uma IHM de alta performance com base nos resultados da pesquisa realizada na 2ª fase;

4ª fase: Avaliação da eficiência da nova IHM utilizando o mesmo formulário padrão utilizado na 1ª fase.

A realização das etapas citadas acima será realizada nas dependências do COG da empresa EDP Energias do Brasil.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será estruturado em 5 (cinco) capítulos, sendo:

- Capítulo 1: Introdução;
- Capítulo 2: Referencial teórico;
- Capítulo 3: Confiabilidade humana na visão ISA 18.2 e 101;
- Capítulo 4: Desenvolvimento do trabalho;
- Capítulo 5: Conclusão do trabalho realizado.

O capítulo 1 apresentará o que será estudado com base em problemas e premissas do cotidiano de um COG, bem como trará um resumo, objetivo, justificativa e procedimentos que serão utilizados no trabalho.

O capítulo 2 apresentará todas as premissas e referências teóricas que foram utilizadas na construção do capítulo 1 e 2, com base na ACH.

O capítulo 3 apresentará a confiabilidade humana na visão das normas ISA 18.2 e 101.

O capítulo 4 apresentará as etapas de desenvolvimento do trabalho de forma detalhada.

O capítulo 5 apresentará uma conclusão do trabalho realizado, assim como, direcionará futuras linhas de pesquisa com base na ACH voltadas para IHMs.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Conforme relatado os sistemas de supervisão e controle devem ser de alta performance de modo que possibilite que a interface entre o homem e a máquina seja a melhor possível. Uma IHM de alta performance deve levar em consideração a análise de confiabilidade humana aos quais envolvem fatores ergonômicos, e claro, fatores tecnológicos que fazem com que o trabalho seja realizado da forma mais eficiente possível. Desta forma será apresentada uma análise sobre a confiabilidade humana e uma análise sobre as necessidades técnicas de integração entre os sistemas de supervisão e controle das usinas, que estão geograficamente em regiões diferentes, e o sistema de supervisão e controle do centro de operação da geração.

2.1 ANALISE DA CONFIABILIDADE HUMANA

Pode-se afirmar que a ACH está dívida em modelos de duas gerações, sendo que a primeira geração foi representada por modelos criados até meados de 1990. Basicamente a primeira geração não considera os fatores que podem influenciar o desempenho do operador, já a segunda geração considera os erros de comissão, que são erros que levam a indisponibilidades dos sistemas.

Principais modelos de ACH da primeira geração:

- Matrizes de confusão (CM): (POTASH et al., 1981);
- Avaliação sócio técnica da confiabilidade humana (STAHR): (PHILIPS; HUMPHREYS; EMBREY,1983);
- Técnica para previsão de taxas de erros humanos (THERP): (SWAIN; GUTTMAN, 1983).

Principais modelos de ACH da segunda geração:

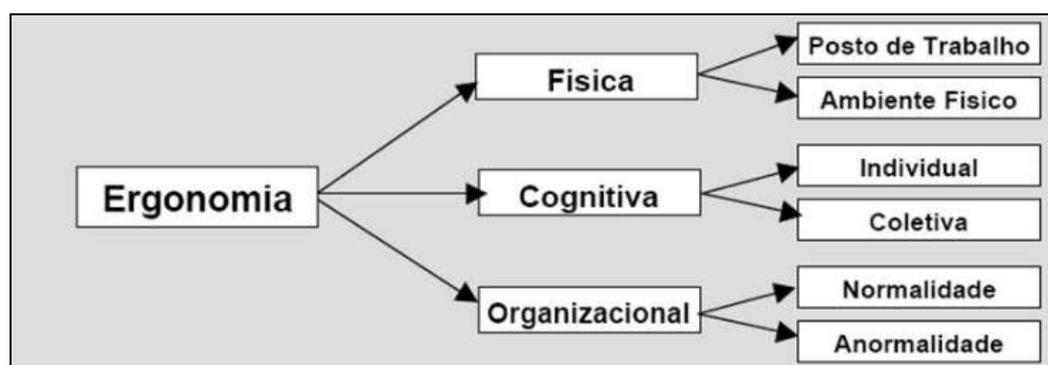
- Simulador de ambiente cognitivo (CES): (WOODS et al.,1988);
- Sistema de árvore de eventos cognitivos (COGENT): (GERTMAN et al., 1992);
- Uma técnica para análise de eventos causados pelo homem (ATHEANA): (HOLLNAGEN, 1998).

De acordo com AICHE/CCPS, (1994), a proposta mais comum para que o erro humano não aconteça é a automatização dos sistemas alterando a atuação manual do operador por sistemas automáticos. Desta forma o operador que antes atuava diretamente no processo, passa a atuar no processo por meio de sistemas de supervisão controle remotos. Com isso surgiu a necessidade de termos SSC de alta performance uma vez que segundo Moares e Mont'alvão (2000) essa tarefa de supervisão contínua não traz esforços, no entanto pode ocasionar altos níveis de tensão para o operador.

Fatores Ergonômicos

A necessidade de se melhorar as relações entre os humanos e as máquinas por intermédio de uma interface ganhou força após a II guerra mundial devido ao grande número de perdas de aviões ocasionadas por erros humanos. Com isso a preocupação com a ergonomia, que segundo Abergo, (2000), tem por objetivo a adequação dos sistemas de trabalho de formar a adequar às características, habilidades e limitações das pessoas com base em um desempenho eficiente, confortável e seguro. A Figura 2.1 apresenta os campos da ergonomia contemporânea:

Figura 2.1 – Campos da Ergonomia Contemporânea



Fonte: CESERG – COPPE-RJ

Como apresenta a Figura 2.1 o campo da ergonomia moderna é bem amplo e considera diversos aspectos, por isso de forma a delimitar o tema, este trabalho tem como principal foco os fatores da ergonomia cognitiva individual e coletiva.

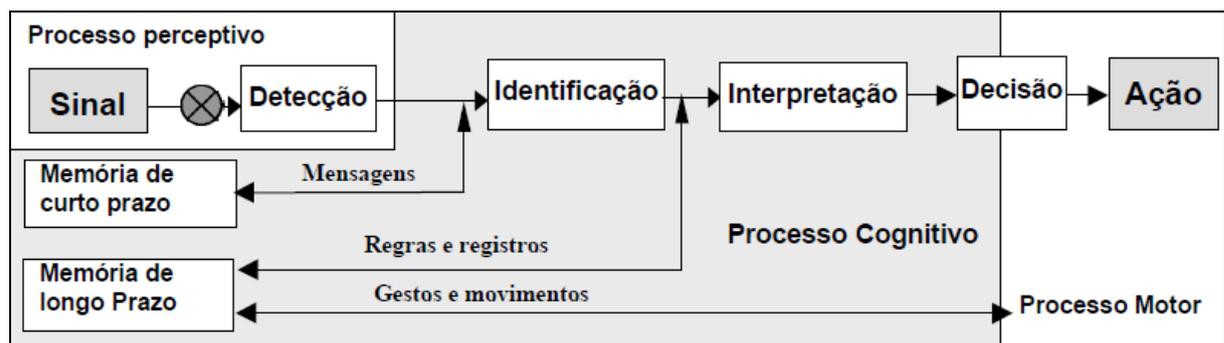
2.1.1.1 Modelos Cognitivos

Os modelos cognitivos, basicamente, tratam da percepção, memória, raciocínio e repostas. Nos próximos itens será apresentado os modelos cognitivos segundo os seus respectivos autores.

2.1.1.2 Modelo Cognitivo de Gagné

A Figura 2.2 apresenta um processo perceptivo, cognitivo e motor segundo Gagné (1996).

Figura 2.2 – Processo Perceptivo, Cognitivo e Motor



Fonte: Gagné, 1966, modificado por Vidal, 2000

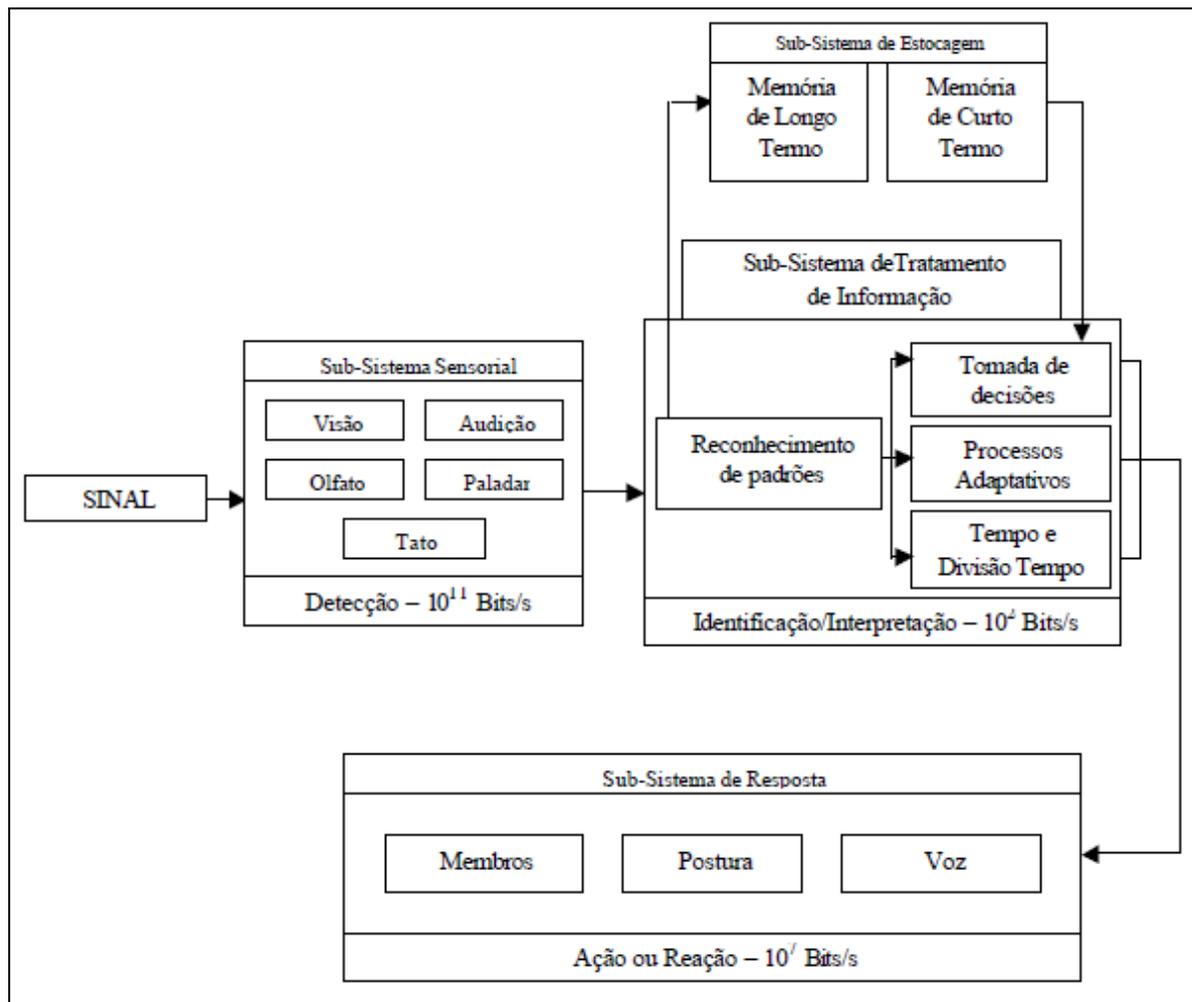
A luz do modelo proposto por Gagné (1962) é possível identificar 3 (três) funções cognitivas, tal como:

- **Detecção:** Verifica se existe ou não um sinal, e caso seja detectado um sinal, será realizada uma confrontação das informações;
- **Identificação:** Após a detecção, dissemina a informação em uma determinada categoria, no entanto para que isso aconteça é necessário que a categoria a qual o sinal pertença esteja nas categorias conhecidas;
- **Interpretação:** Caracteriza-se pelo tratamento das informações, ou seja, recebe uma definição. Para que a interpretação ocorra é necessário que as 2 (duas) etapas anteriores (Detecção e Identificação), também tenham acontecido.

2.1.1.3 Modelo Cognitivo de Santos

E por meio do modelo segundo Santos (2000) é possível entender o processo de tratamento humano mediante uma informação.

Figura 2.3 – Modelo Cognitivo Humano



Fonte: Santos (2000)

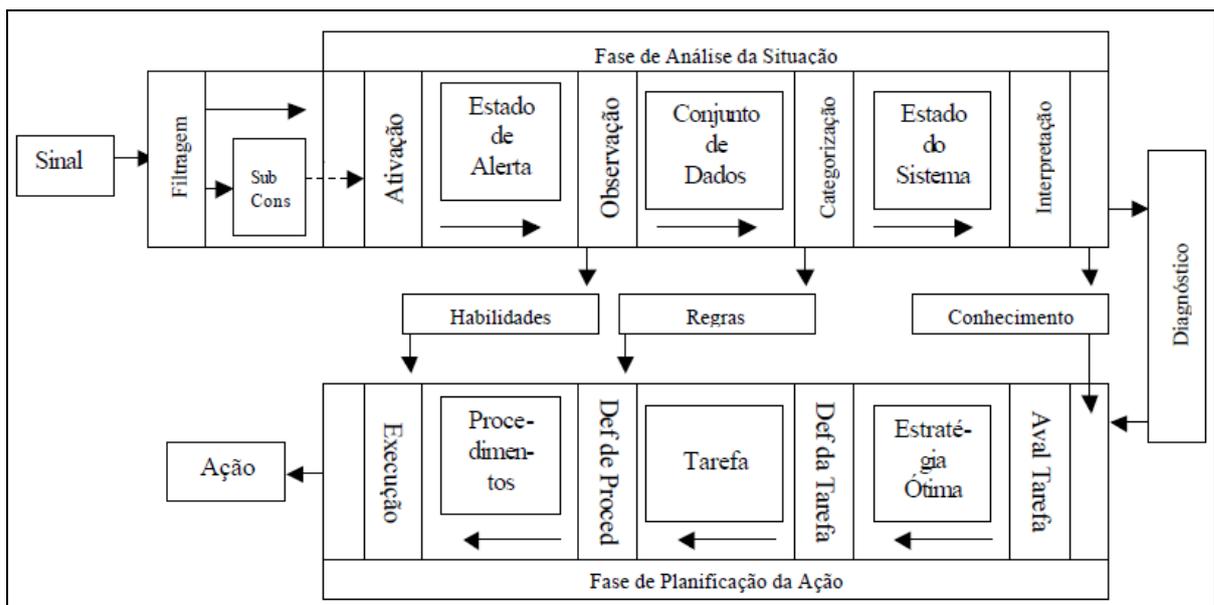
Na Figura 2.3 é possível identificar que todo o processo de tratamento humano se inicia por meio de um sinal reforçando a importância de que o sinal que será emitido esteja em acordo com a percepção no modelo cognitivo humano.

2.1.1.4 Modelo Cognitivo de Rasmussen

Rasmussen (1981) apresenta um seguimento do modelo de Gagné. Segundo o autor este modelo é distinto, pois apresenta as fases diferentes da maneira que a informação é tratada e em de acordo com as saídas de cada etapa os grupos comportamentais são distinguidos, onde cada grupo é atribuído a uma categoria que será abordada pelo ser humano.

Ainda segundo Rasmussen (2000), é possível afirmar que com a inserção tecnológica aumentou-se as necessidades cognitivas e desta forma exigindo do operador um processo de resolução e de criatividade conforme é possível verificar na Figura 2.4.

Figura 2.4 – Modelo Cognitivo



Fonte: Rasmussen (2000).

Seguindo esta mesma sequência lógica, Sperandio (1984), afirma que essas atividades englobam as operações cognitivas, sendo, monitoração, interpretação, tratamento, resolução e a memória.

2.1.1.5 Características dos Modelos Apresentados

Observando os modelos expostos, é possível concluir que para a etapa de ativação do modelo de Rasmussen que engloba a detecção do modelo proposto por Gagné e até mesmo o sistema sensorial do modelo proposto por Santos se faz necessário o *input* de um sinal.

E considerando as etapas de observação, seleção, análise e avaliação os modelos direcionam para um *input* a nível sensorial.

Com isso afirma-se a importância da atenção que precisa ser dada a ergonomia cognitiva durante os processos e realização das tarefas e principalmente na criação de IHM, pois o *input* inicial para o operador mediante uma IHM pode ser um alarme sonoro e/ou um alarme visual.

2.2 INTERFACE HOMEM MÁQUINA

Um sistema de supervisão e controle, também chamado de interface homem máquina, tem por finalidade a supervisão e em muitos casos o controle de determinados pontos de um determinado sistema automatizado. Os SSC, por via de regra, apresentam ao usuário os dados adquiridos de um determinado sistema, no entanto antes de apresentar aos usuários os dados são manipulados, analisados e armazenados por um sistema SCADA.

Os sistemas SCADA coletam os dados, tais como temperatura, níveis, volumes, de um determinado processo através de unidades remotas, principalmente de CLPs, tratam e formatam os dados e desta forma apresentam ao usuário em múltiplas formas. Este tratamento de dados inclui operações matemáticas e lógicas ou ainda representação de pontos de entradas e saídas de sinais digitais e analógicos.

Usabilidade

Para que as variáveis do campo sejam apresentadas ao usuário, é preciso que seja considerada a usabilidade da IHM. Segundo Nielsen, (1993), esta usabilidade é formada por 5 (cinco) características principais:

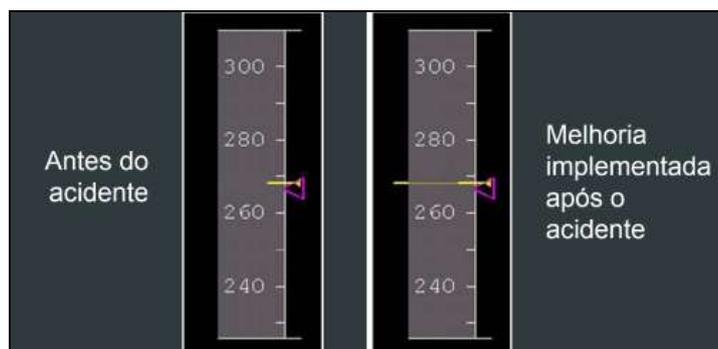
- Facilidade de aprendizado;
- Eficiência;
- Facilidade de memorização;
- Baixa taxa de erros;
- Satisfação do usuário;

Ainda sobre a usabilidade, Scapin (1993), salienta que a maior parte dos problemas comuns na construção de IHM podem ser relacionados não apenas à falta de conhecimento sobre a tarefa, mas de igual modo a não inclusão dos usuários, e desta forma apresentando uma lógica mais funcional do que operacional e também ressalta que somente a homogeneização das IHMs não traz uma boa usabilidade, e isto porque, normalmente, elas são idealizadas para diferentes tarefas e usuários e ainda com alvos diferentes.

Um exemplo sobre a importância de uma boa usabilidade durante a concepção de uma IHM foi o acidente na refinaria da BP Texas City ocorrido no dia 23 de março de 2005 durante um *startup* de uma unidade de isomerização de hidrocarbonetos, onde conforme relatório da U. S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (2007), morreram 15 (quinze) pessoas e deixou 180 (cento e oitenta) feridos. O relatório apresentou, entre diversos fatores que causaram a tragédia, uma falha de IHM que contribuiu para o acidente, pois os operadores não conseguiram detectar uma variável que representava um líquido inflamável, pois não havia na IHM a indicação do líquido que entrava.

Outro exemplo sobre a importância da usabilidade foi o acidente com o voo 605 da Indian Airlines ocorrido no dia 14 de fevereiro de 1990 quando fazia a rota Bombaim-Bangalore, na Índia. Segundo o *Federal Aviation Administration*, a tripulação realizou seleções de voo incorretas e que somente perceberam quando a situação já era irreversível. Com a queda da aeronave morreram 92 (noventa e duas) pessoas e deixou 54 (cinquenta e quatro) feridas. A Airbus, implementou uma melhoria na IHM, estendendo a linha que representava a velocidade conforme a Figura 2.5, para melhorar a visualização do operador.

Figura 2.5 – Indicador de Velocidade do Avião



Fonte: Federal Aviation Administration (2000)

Em ambos os acidentes citados, foi identificado que tanto os operadores como a tripulação não conseguiram analisar, por meio das IHMs, a situação em tempo hábil para que os acidentes fossem evitados.

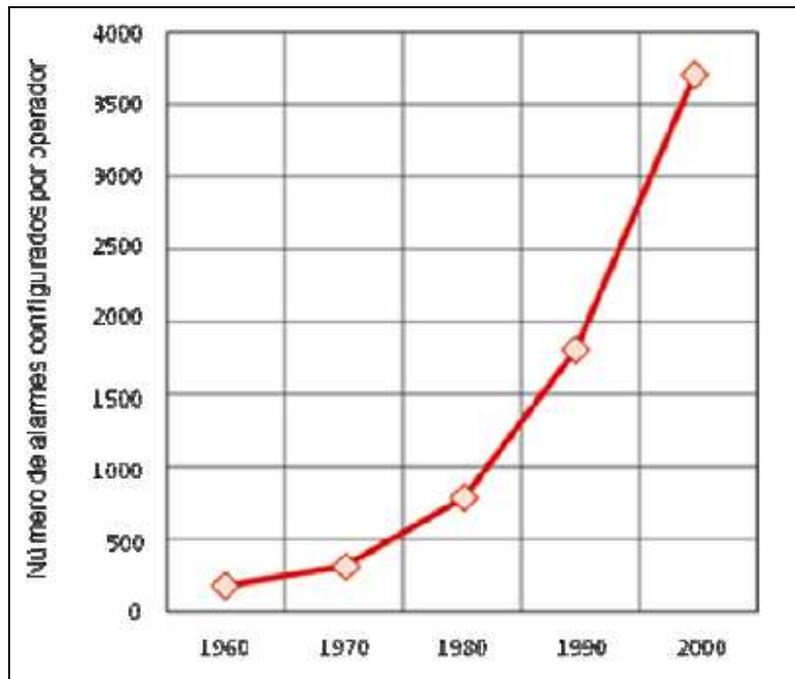
Alarmes

Os alarmes também são um ponto de atenção para que se tenha uma IHM de alta performance.

Um alarme é um anúncio para o operador iniciado por uma condição de mau funcionamento de equipamento, desvio de processo ou condição anormal que requer uma ação [ANSI/ISA, 2009]. O sinal de alarme pode ser produzido ao operador por meio de sons audíveis, mudança de cores ou ainda por mensagens enviadas.

Com o aumento dos processos automatizados e centralização das informações por intermédios de COs, o número de alarmes também tem crescido significativamente o que traz a preocupação com a capacidade de assimilação e ação destes alarmes pelo operador. O Gráfico 2.1 ilustra o crescimento do número de alarmes.

Gráfico 2.1- Evolução do Número de Alarmes por Operador



Fonte: Adaptado de Habibi et al., (2008)

De acordo com Habibi et al., (2008) a questão com o número de alarmes é um sintoma de assunto amplo e relacionado a fatores humanos.

2.3 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram apresentados os principais pontos e preocupações a serem tratados quando se fala em criação de IHMs de alta performance. Foi explanado a ACH com foco na ergonomia cognitiva e o SSC com base na usabilidade e alarmes.

Em resumo é correto afirmar que caso a IHM não reproduza um sinal perceptivo, seja ele visual e/ou sonoro, o operador não conseguirá detectar, identificar e nem mesmo interpretar e fatalmente a ação ou a falta dela será equivocada e não atenderá os objetivos desejados.

Ainda é correto afirmar a preocupação com número crescente de alarmes por operador, o que traz o alerta para a capacidade de assimilação e tomada de decisão.

No próximo capítulo será abordada em nível de detalhe uma metodologia segundo a ISA 18.2 e ISA 101 as quais explanam o gerenciamento de alarme e interfaces gráficas, respectivamente para se ter uma IHM de alta performance.

3 CONFIABILIDADE HUMANA NA VISÃO ISA 18.2 E 101

Neste capítulo será apresentado, na visão das normas ISA 18.2 e 101, os processos do ciclo de vida do gerenciamento de alarmes e ciclo de vida de desenvolvimento de IHM, aos quais influenciam diretamente nos fatores de confiabilidade humana.

A confiabilidade humana, de acordo com Pallerosi, Mazzoli e Mazzolini (2011), é a probabilidade de que uma pessoa não falhe no cumprimento de uma tarefa requerida, quando exigida, em um determinado período de tempo, em condições ambientais apropriadas e com recursos disponíveis para executá-la. Desta forma, satisfazendo:

- Desempenho adequado/inadequado;
- Cumprimento ou não de uma tarefa;
- Determinado período de tempo ou sem tempo;
- Condições ambientais apropriadas ou inapropriadas;
- Recursos disponíveis ou falta de recursos.
- Com recursos disponíveis para executá-la.

No entanto, conforme descrito, é uma probabilidade, o que indica que existe a possibilidade ou não de sua ocorrência, que caso seja avaliado, analisado e criado os respectivos planos de ações, é possível prever e até mesmo quantificar.

3.1 ISA 18.2 *MANAGEMENT OF ALARM SYSTEM FOR PROCESS INDUSTRIES*

De acordo com a The Engineering Equipment and Materials Users Association - EEMUA, 1999, um alarme é uma notificação ao usuário sobre uma ocorrência e anormalidade e que necessita de uma ação em um tempo determinado. No entanto com o crescimento das indústrias e tendência de centralização das informações, por meio de centro de operações, o número de alarmes vem crescendo significativamente o que torna necessário a busca por um adequado método de gerenciamento de alarmes.

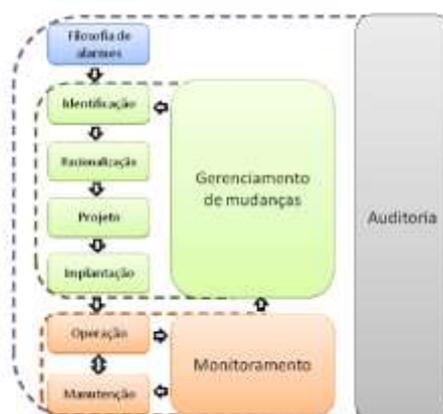
Um exemplo prático e desastroso, sobre as consequências de não se ter um gerenciamento de alarmes foi a explosão da refinaria Milford Haven, Texaco, em 1994, ao qual após ser atingida por um raio e que explodiu cinco horas depois, teve a conclusão que os operadores não foram capazes de identificar a causa raiz do problema, devido ao sistema de alarmes gerar um novo evento em média a cada dois segundos e desta forma, tornando impossível o processamento e identificação. Também foi constatada a ineficiência em priorização dos alarmes, onde 87% dos alarmes possuíam alta prioridade. O acidente poderia ter sido evitado caso a planta fosse desligada, no entanto, pelo descrédito no sistema de alarmes associadas a dificuldade de encontrar a causa raiz, impossibilitou tal ação (BRANSBY; JENKINSON, 1998). O acidente deixou 26 feridos e 48 milhões de libras em danos causados pela explosão.

O padrão ISA faz parte do comitê da *International Society of Automation*, sendo que a ISA 18.2 tem por objetivo estabelecer terminologias e práticas para os sistemas de gerenciamento de alarmes e propõe um sistema holístico para que o gerenciamento de alarme seja realizado e representado por um modelo de ciclo de vida.

A metodologia proposta pela ISA 18.2 tem sido utilizada em diversos seguimentos da indústria, e neste trabalho, terá o foco no seguimento de energia, voltada para a operação de usinas por meio de centro de operação.

A Figura 3.1 apresenta claramente as etapas necessárias, de acordo com a ISA 18.2, para uma boa gestão de alarmes:

Figura 3.1 – Metodologia para Gerenciamento de Alarmes



Fonte: Ciclo de vida do Gerenciamento de alarmes. Adaptado de [ANSI/ISA, 2009]

Cada etapa da Figura 3.1 é fundamental para que o processo funcione de maneira adequada, criando assim a filosofia de alarmes, tal como:

Identificação

A identificação de alarmes pode ser conduzida por uma diversidade de boas práticas e regulamentações. A combinação de métodos de identificação também pode ser utilizada para identificar um alarme em potencial. A adequada identificação de um determinado alarme deve ser feita durante a racionalização de alarmes. Abaixo alguns métodos para a identificação de alarmes:

- Processo de análise de perigos (HAZOP)
- Análise das camadas de proteção (LOPA);
- Modo de falha e análise de efeitos (FMEA);

Racionalização

A racionalização é uma etapa onde os potenciais ou existentes alarmes são comparados com os critérios estipulados pela empresa referentes aos critérios e ações do operador. A racionalização deve produzir as informações necessárias para a fase elaboração de um alarme ou até mesmo para revisão de um alarme já existe,

Projeto de Alarme

Todo projeto de alarme deve ser criado levando em conta as limitações humanas, da mesma forma, a quantidade de alarmes em determinados intervalos de tempo, bem como o tempo de resposta exigido pelos alarmes. Isso evita que o operador seja surpreendido com uma avalanche de alarmes e informações impossibilitando a tomada de decisão.

Implantação

A implantação é uma etapa que faz referência ao ciclo de vida do alarme e trata-se da transição do projeto para operação. É na implantação que deve ser apresentado os requisitos para um sistema de alarme, bem como apresentar as premissas para a realização de modificações de um sistema de alarmes existente.

Os principais pontos de atenção durante a implantação precisam levar em conta os seguintes pontos:

- Disponibilidade de recursos;
- Testes funcionais ou de validação;
- Treinamento para todos os envolvidos;

Os usuários finais, que normalmente, são os operadores, devem ser treinados, no mínimo, em:

- Ação a ser tomada para cada tipo de alarme;
- Distinção e prioridades de alarmes;
- Recursos do Sistema de Supervisão e Controle;
- Utilização de inibição de alarmes;
- Modelos visuais e sonoros para os tipos de alarmes.

Operação e Manutenção e Monitoração

Esta etapa verifica se o projeto, implantação, racionalização e manutenção estão satisfatórios e com isso fornece a orientação e direcionamento para análise do sistema de alarme criado. Para um adequado monitoramento recomenda-se a criação de indicadores de qualidade. A norma ISA 18.2, através do Quadro 3.1, recomenda os seguintes indicadores como um balizamento para análise do sistema de alarme.

Um ponto de discussão, e que cabe diversos estudos sobre o tema, apresentado no Quadro 3.1 é o limite proposto para o número máximo de aproximadamente 300 (trezentos) alarmes gerenciáveis por dia considerando uma determinada indústria ou planta de energia, no entanto, este número deverá ser avaliado de acordo com as metodologias de trabalho adotados pela empresa, uma vez que através dos centros de operação existe a possibilidade de se operar diversas plantas de energia, ou usinas hidrelétricas, ao mesmo tempo o que faz com o número de alarmes gerenciáveis bem como o número de operadores deva ser estudado de forma a ser possível fazer uma equiparação tendo o valor apresentado no Quadro 3.1 como premissa.

Quadro 3.1 – Índice de Desempenho ISA 18.2

Indicadores	Valor Alvo	
Alarmes por tempo:	Satisfatório	Máximo gerenciável
Dia	~150	~300
Hora	~6 (média)	~12 (média)
10 minutos	~1(média)	~2 (média)
Porcentagem de horas contendo mais de 30 alarmes	~< 1%	
Número máximo de alarmes no período de 10 minutos	<= 10	
Porcentagem de tempo com enxurrada de alarmes	~< 1%	
Porcentagem de contribuição dos 10 alarmes mais frequentes	~<1% to 5%	
Quantidade de alarmes incômodos (<i>chattering e fleeting</i>) ²	Zero (plano de medidas corretivas)	
Alarmes contínuos	< 5 por dia (plano de medidas corretivas)	
Distribuição de prioridades (alto/médio/baixo) (muito alto/alto/media/baixo)	3 prioridades – 5%, 15% e 80% 4 prioridades - <1%, 5%, 15% e 80%	
Supressão de alarmes não autorizada	Zero (metodologia de controle)	
Alteração de atributos de alarmes não autorizada	Zero (gerenciamento de mudanças)	

Fonte: Índices de desempenho ISA 18.2. Adaptado de [ANSI/ISA, 2009]

Como base de comparação com a norma ISA 18.2, o Quadro 3.2, apresenta o índice de desempenho da norma EEMUA, 191, ao qual, de forma complementar, cita o setor de energia:

Quadro 3.2 – Índice de Desempenho EEMUA

Indicadores ¹	EEMUA	Óleo e Gás	Petroquímica	Energia	Outras
Alarmes por dia	144	1200	1500	2000	900
Alarmes constantes	9	50	100	65	35
Pico de alarmes por 10 minutos	10	220	180	350	180
Média de Alarmes / 10 minutos	1	6	9	8	5
Distribuição de prioridades (Baixa/Média/Alta)	80/15/5	25/40/35	25/40/35	25/40/35	25/40/35

Fonte: Índices de desempenho EEMUA 191. Adaptado de [EEMUA, 2007]

Em ambas as normas, é sugerida a distribuição de prioridades dos alarmes: 80%, 15% e 5% para prioridade baixa, média e alta, respectivamente. Desta maneira é possível formarmos uma pirâmide onde a base seria composta por alarmes de prioridade baixa, a camada intermediária seria composta por alarmes de média complexidade e o topo seria composto por alarmes de alta complexidade.

Desta forma é possível concluirmos que ao ser realizado um monitoramento do gerenciamento de alarmes, o produto final, que atestaria quantidade adequada de alarmes seria um desenho piramidal.

Gestão de Mudanças

Para que todo processo funcione de maneira adequada é preciso que seja criado a gestão de mudanças. A gestão de mudanças trata-se dos requisitos para a adição/subtração de alarmes, modificação de atributos de alarmes, autorização e documentação necessária para as respectivas mudanças.

Além das inclusões e remoções de alarmes, o gerenciamento de mudanças, garante o mapeamento do processo para o caso de necessidade de alterações que se difiram do projeto inicial.

Para que a gestão de mudança seja eficiente, devem ser considerados os seguintes tópicos:

- Base técnica para a alteração proposta;
- Qual o impacto da mudança na saúde, segurança e meio ambiente;
- Se as modificações estão em conformidade com a filosofia de alarme;
- Integridade dos equipamentos;
- Se as modificações demandam revisões nos procedimentos operacionais;
- Se a mudança será temporária ou definitiva;
- Que as mudanças atendam as etapas do ciclo de vida do alarme.

Auditoria

A auditoria do processo de gerenciamento de alarmes irá garantir que o ciclo de vida dos alarmes, apresentado na Figura 3.1, seja atendido e para que seja mantida a integridade do processo a auditoria deve ser realizada periodicamente.

Alguns exemplos de questionamentos que podem direcionar o resultado da auditoria:

- Os alarmes ocorrem somente em eventos que exigem ação do operador?
- As prioridades dos alarmes são consistentes e significativas?
- Os alarmes ocorrem de forma a propiciar ao operador o tempo necessário para que uma ação efetiva seja tomada?
- Os papéis e responsabilidades para o sistema de alarme estão definidos para todos envolvidos?
- O treinamento sobre o uso adequado e o funcionamento do sistema de alarme foi aplicado?
- O treinamento aplicado foi eficaz?

Por meio das respostas obtidas para os questionamentos é possível elaborar um plano de ação para que sejam tratadas as eventuais anormalidades encontradas e desta forma estabelecer um fluxo de melhoria contínua.

3.2 ISA 101 *HUMAN MACHINE INTERFACES FOR PROCESS AUTOMATION*

A IHM é considerada o elo entre os sistemas automatizados e os operadores que irão de alguma forma controlar um determinado sistema. Todas as decisões, análises e ações terão como base as indicações que estarão sendo exibidas na tela de interface entre o sistema automatizado e o humano que a controla.

Um conceito que define muito bem a qualidade de uma IHM é a usabilidade, que de acordo com a norma NBR ISO 9241-11, é a combinação de efetividade, eficiência e satisfação do usuário.

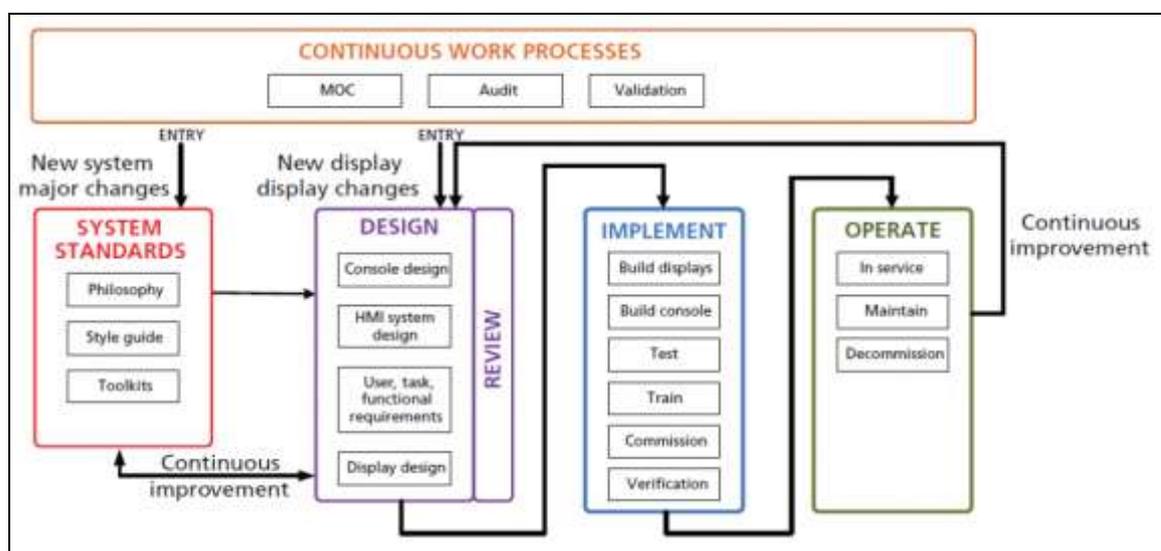
Alguns erros comuns apresentados pelas IHMs e que pode comprometer a operação do processo são o excesso de cores nas telas sobrecarregando a visão do usuário, diversas telas com indicação de variáveis sem indicação de tendências e limites superiores e inferiores o que deixa o usuário limitado para tomar uma determinada ação e a não criação de telas com uma visão geral dos sistemas de maneira simples e objetiva.

Dado ao grande número de IHMs para diversos seguimentos da indústria, e a dificuldade de se obter um determinado padrão a ISA publicou em 2015 a norma

ISA 101 visando definir padrões, recomendar boas práticas e é voltada para os aqueles que buscam a concepção, implementação, utilização e ou gerenciamento de IHMs.

A ISA 101, de maneira similar a ISA 18.2 que propõe o ciclo de vida para gerenciamento de alarmes, propõe um sistema de ciclo de vida de desenvolvimento de IHM que passa pelas etapas de padronização, projeto, implementação e operação e visa manter os sistemas eficazes durante todo o seu ciclo de vida, a Figura 3.2 apresenta as etapas referentes ao ciclo de vida de desenvolvimento de uma IHM.

Figura 3.2 – Ciclo de Vida de Desenvolvimento de IHM



Fonte: Ciclo de vida de Desenvolvimento de IHM [ANSI/ISA, 2015]

O fator principal de todas as etapas propostas na Figura 3.2 é a importância de ter como premissa o processo de melhoria contínua e para isso a IHM tem que sempre estar sendo auditada.

Principais propostas da ISA 101

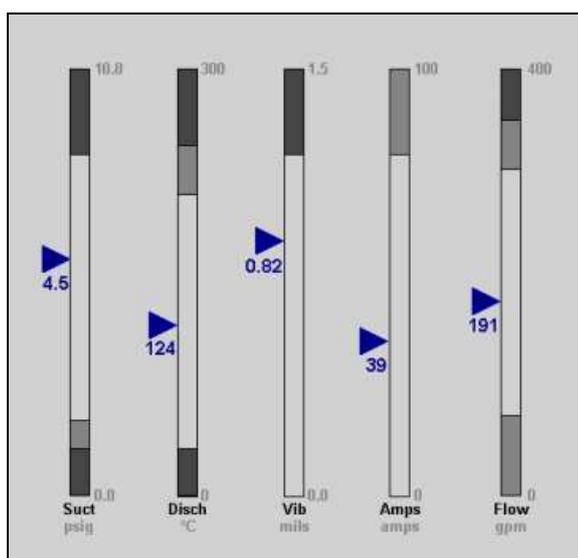
É possível afirmar que a norma ISA 101 tem como principal objetivo fornecer as orientações e recomendações necessárias para que se construa uma IHM de alta performance de forma que seja viabilizado ao usuário final, operador, a capacidade de ter um controle otimizado e eficaz sob as condições operacionais disponíveis para que seja possível e assertiva a tomada de decisão. Com a IHM de alta

performance torna-se viável a prevenção de falhas operativas, além de proporcionar ao usuário um melhor conforto visual e cognitiva durante a operação de modo que facilite o aprendizado e memorização. As principais propostas da ISA 101 é que o desenvolvedor da interface homem máquina leve em consideração os seguintes pontos:

- Usar o mínimo possível de cores dando destaque para situações anormais, como exemplo: mudar de cor apenas na ocorrência de um alarme;
- Animações demasiadas devem ser evitadas;
- Considerar os valores mínimos e máximos permitidos para cada variável;
- Apresentar as respectivas tendências de maneira a apresentar ao usuário de onde um determinado valor veio e para onde ele pode ir;
- O usuário deve conseguir navegar com rapidez entre as telas que demanda ações;

A Figura 3.3 ilustra um exemplo da aplicação dos itens citados acima:

Figura 3.3 – IHM com os padrões da ISA 101



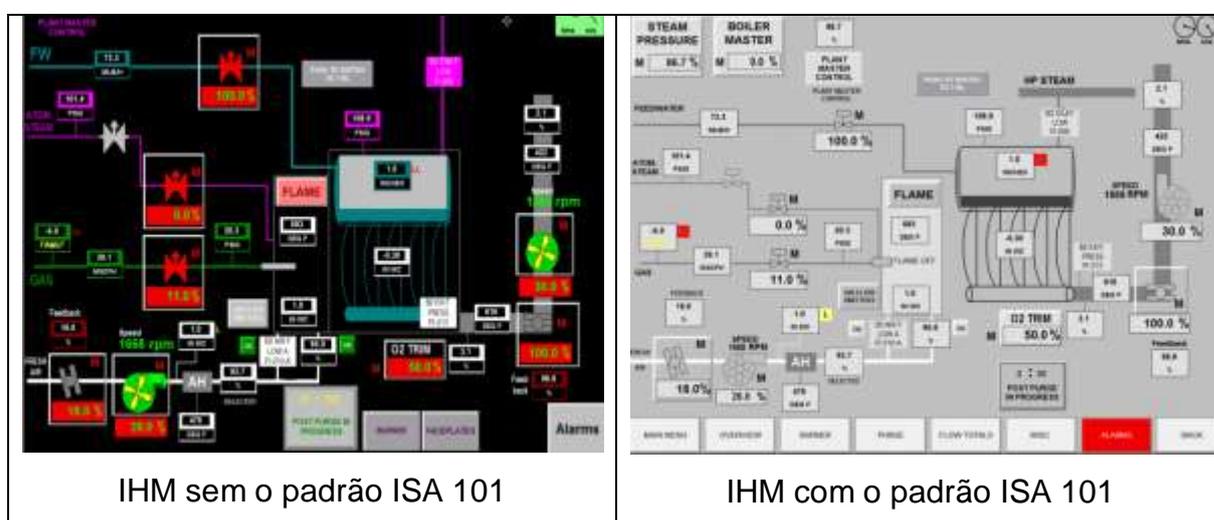
Fonte: Adaptado para exemplo do The High Performance HMI Handbook, First Edition by Bill Hollifield, Dana Oliver, Ian Nimmo, & Eddie Habibi, 2008

Na Figura 3.3 é possível que o usuário identifique de maneira rápida o ponto de situação de uma determinada variável e consiga de modo assertivo tomar a decisão correta.

Exemplos e Aplicações da ISA 101

Com a aplicação do modelo proposto pela norma ISA 101, o usuário tem uma visualização muito mais suave, a Figura 3.4 e a Figura 3.5, apresentam a aplicação da norma em um projeto existe, onde é possível comparar a suavidade da IHM com o padrão ISA e é facilmente possível a visualização de alarmes na tela.

Figura 3.4 – Comparação de aplicação do padrão ISA 101



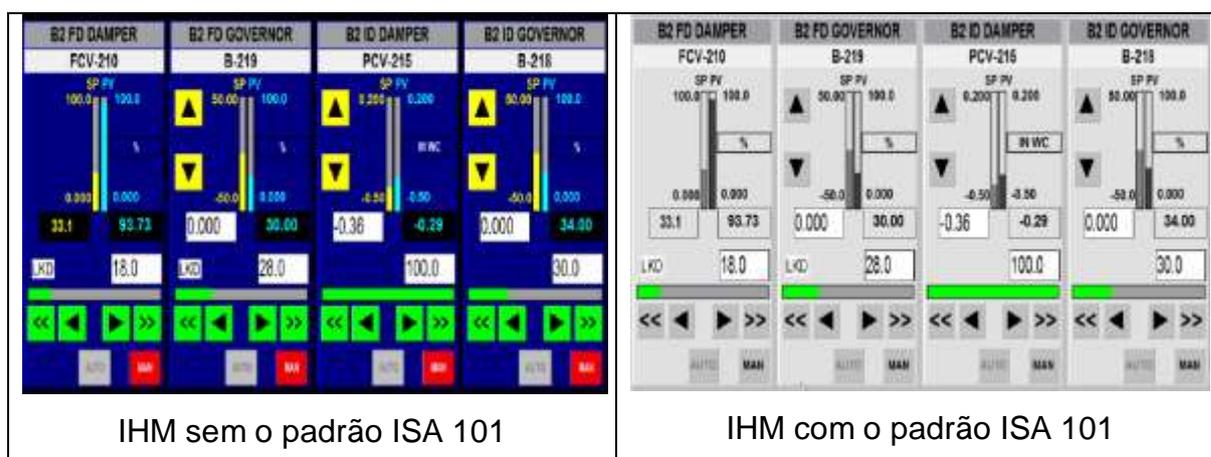
Fonte: Adaptado para exemplo do The High Performance HMI Handbook, First Edition by Bill Hollifield, Dana Oliver, Ian Nimmo, & Eddie Habibi, 2008

Na Figura 3.4 é claro a diferença entre as IHMs embora sejam as mesmas variáveis em ambas as telas, justificando, desta forma, a importância da aplicação do padrão ISA 101.

A IHM construída baseando-se nos padrões da norma, vem de encontro com Moraes e Mont'alvão (2000) que afirma que tarefas de supervisão contínua não traz esforços, no entanto pode ocasionar altos níveis de tensão para o operador.

Ainda segundo Couto (1996) todo sistema proposto deve buscar as necessidades básicas da ergonomia, tais como, o conforto a produtividade e a segurança, e com base nas comparações dos exemplos da Figura 3.4 e Figura 3.5, é possível afirmar que a norma ISA 101 atende as premissas colocadas por Moraes e Mont'alvão (2000) e Couto (1996).

Figura 3.5 – Comparação de aplicação do padrão ISA 101



Fonte: Adaptado para exemplo do The High Performance HMI Handbook, First Edition by Bill Hollifield, Dana Oliver, Ian Nimmo, & Eddie Habibi, 2008

Em ambas as figuras é possível verificar facilmente qualquer tipo de anormalidade, isto, considerando que as cores serão aplicadas apenas para condições e demandas que necessitam de ações do operador.

3.3 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentado os padrões sugeridos para a criação ou até mesmo a remodelagem de IHM existentes de maneira que se obtenha uma IHM de alta performance. Os padrões sugeridos vieram do comitê da *International Society of Automation* através da norma ISA 18.2 *Management of Alarm System for Process Industries* que traz como principal objetivo a preocupação com o gerenciamento de alarmes e que para isso propõe um ciclo de vida do gerenciamento de alarmes e ainda a ISA 101 *Human Machine Interfaces for Process Automation* que traz como principal objetivo a preocupação com a apresentação visual da IHM e que para isso propõe um ciclo de vida de gerenciamento da IHM.

Com base nos padrões adotados pelas normas é notório a preocupação com a ACH pelo comitê *International Society of Automation* uma vez que o gerenciamento de alarmes e a apresentação visual da IHM afeta diretamente o usuário que normalmente é o operador de um determinado sistema e que depende das variáveis alarmes e interface homem máquina para a tomada de decisão.

No próximo capítulo será apresentado a aplicação dos modelos sugeridos pela norma ISA 18.2 e ISA 101 em uma IHM já existe como objetivo de se obter uma IHM de alta performance.

4 DESENVOLVIMENTO

O objetivo principal deste capítulo é descrever as 4 (quatro) fases adotadas como estratégicas e descritas em procedimentos metodológicos para que se apresente uma IHM de alta performance.

4.1 1ª FASE: AVALIAÇÃO DA IHM EXISTENTE

Esta fase busca identificar a visão do usuário operador, de maneira a identificar os pontos de melhoria e as dificuldades para a operação no dia a dia de rotina de trabalho, no entanto, embora a visão do usuário seja de extrema importância, o objetivo é promover que os pontos citados pelos usuários estejam em consonância com as normas ISA 18.2 e ISA 101.

Considerando que o número de telas é considerável, o desenvolvimento será limitado a apresentar as principais e mais utilizadas pelos usuários, utilizando-se do exemplo de uma única usina, sendo:

- Tela Principal (tela geral do Centro de operação);
- Tela da Subestação;
- Tela do Serviço Auxiliar;
- Tela de Proteção e Sinalizações;
- Tela de Medidas;
- Tela de Sequência de Partida da Unidade Geradora;
- Tela de Hidrologia;
- Tela de Monitoramento de Telecon (Tela geral do Centro de Operação).
- Incidência de Alarmes

Tela Principal

A tela principal é a mais utilizada pelo operador, pois através dela é possível verificar o sistema operado com uma visão holística e a partir dela iniciar as tomadas de decisão com base em *inputs* que partem desta tela.

Figura 4.1 – Tela Principal

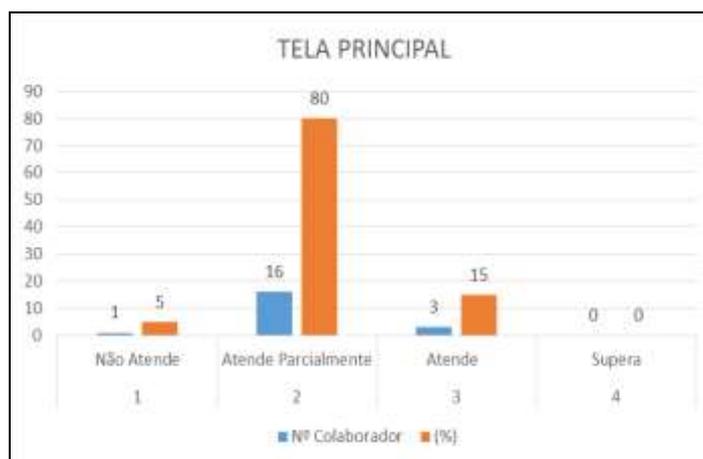


Fonte: Sistema de supervisão e controle (2016)

A Figura 4.1 apresenta a tela principal do sistema até então existente e logo em seguida o gráfico 4.1 apresenta de maneira ordenada a opinião dos usuários principais da IHM.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.1 – Resultado da Pesquisa – Tela Principal



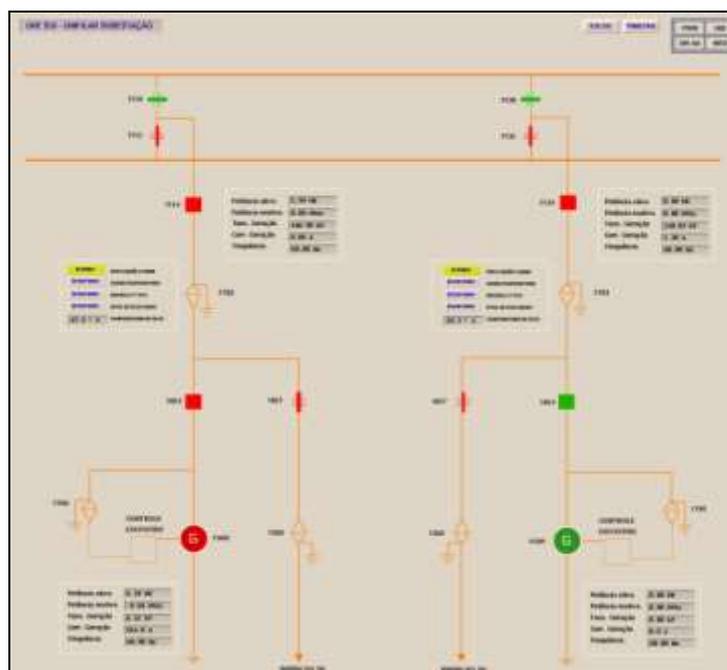
Fonte: Próprio autor (2017)

Conforme Gráfico 4.1, 80% dos usuários afirmaram que a tela principal atendia parcialmente, ou seja, embora fosse possível a realização das tarefas diárias ainda caberia espaço para melhorias.

Tela da Subestação

A Figura 4.2 apresenta a tela subestação onde é utilizado pelo usuário em momentos específicos para a realização de manobras sistêmicas.

Figura 4.2 – Tela da Subestação

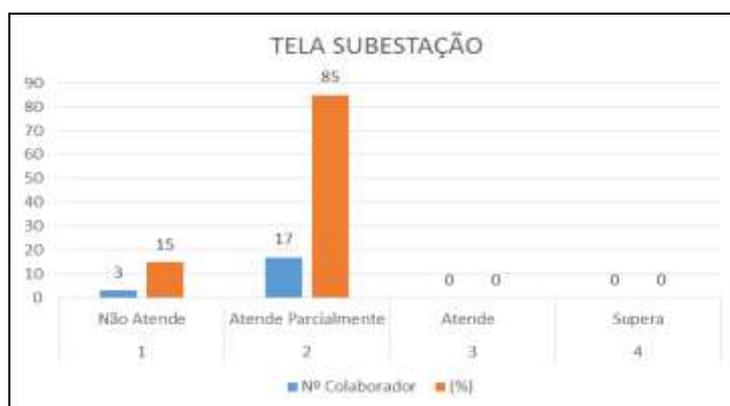


Fonte: Sistema de supervisão e controle (2016)

Nesta tela é possível verificar que as cores vermelha e verde são utilizadas para identificação de equipamentos e não apenas dos alarmes.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.2 – Resultado da Pesquisa – Tela da Subestação



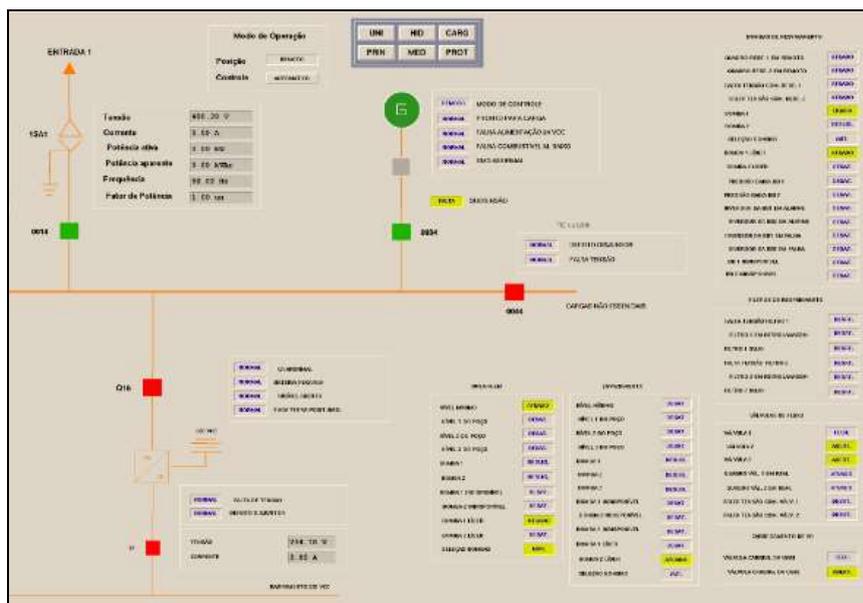
Fonte: Próprio autor EDP (2017)

O Gráfico 4.2, apresenta que 85% dos usuários afirmaram que a tela da subestação atendia parcialmente e 15% afirmaram que a tela da subestação não atende. Como esta tela é utilizada para realização de manobras é natural que o número de usuários com a opinião “atende parcialmente” aumente em função de uma maior necessidade de utilização em que o usuário espera uma resposta rápida e efetiva do sistema.

Tela do Serviço Auxiliar

A Figura 4.3 apresenta a tela do serviço auxiliar da usina onde é utilizado pelo usuário, apenas para consulta, em momentos específicos para a realização de manobras sistêmicas.

Figura 4.3 – Tela do Serviço Auxiliar

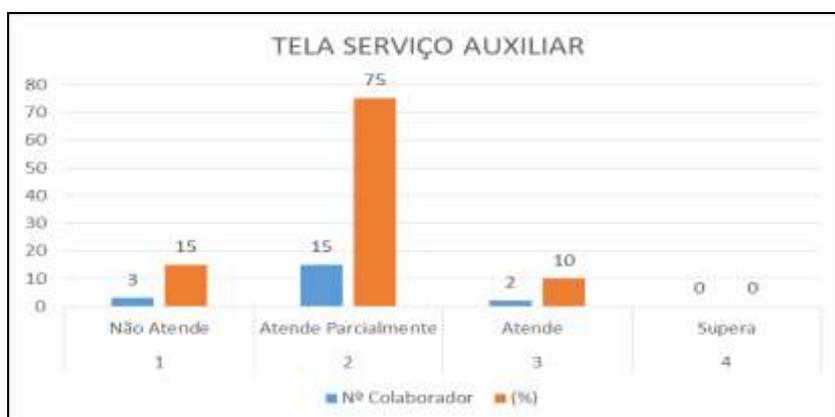


Fonte: Sistema de supervisão e controle (2016)

Nesta tela é possível verificar que as cores vermelha e verde são utilizadas para identificação de equipamentos e não apenas dos alarmes o que pode fazer com que na incidência de um determinado alarme o operador não perceba ou simplesmente não dê a devida atenção.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.3 – Resultado da Pesquisa – Tela do Serviço Auxiliar



Fonte: Próprio autor EDP (2017)

O Gráfico 4.3, apresenta que 75% dos usuários afirmaram que a tela da subestação atendia parcialmente, ou seja, embora fosse possível a realização das tarefas diárias ainda caberia espaço para melhorias.

Tela de Proteção e Sinalizações

A Figura 4.4 apresenta a tela de proteção e sinalizações da usina onde é utilizado pelo usuário, apenas para consulta, no entanto esta consulta normalmente é realizado em momentos de perturbações no sistema que demanda decisões e ações do usuário.

Figura 4.4 -Tela de Proteção e Sinalizações

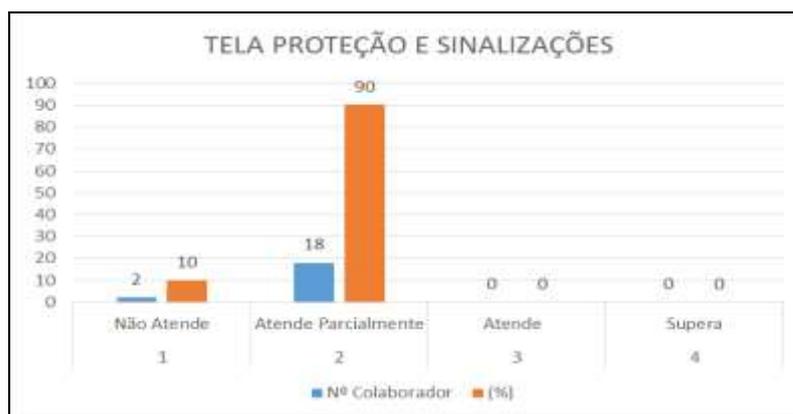


Fonte: Sistema de supervisão e controle (2016)

Na tela apresentada é possível verificar que embora apresente o resultado da indicação de proteções e sinalizações atuadas, não apresenta os indicadores dos limites operacionais de máximo e mínimo das variáveis.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.4 – Resultado da Pesquisa – Tela de Proteção e Sinalizações



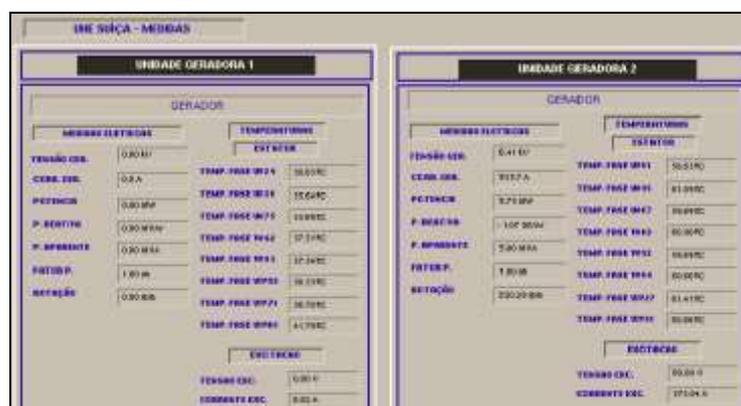
Fonte: Próprio autor EDP (2017)

O Gráfico 4.4, apresenta que 90% dos usuários afirmaram que a tela da de proteção e sinalizações atendia parcialmente. É notório que o número de usuários com a opinião “atende parcialmente” aumenta, pois, o acesso à esta tela é realizado em momentos em que o usuário precisa tomar decisões e ações.

Tela de Medidas

A Figura 4.5 apresenta a tela de medidas e da usina onde é utilizado pelo usuário, apenas para consulta para comparações das variáveis apresentadas.

Figura 4.5 – Tela de Medidas

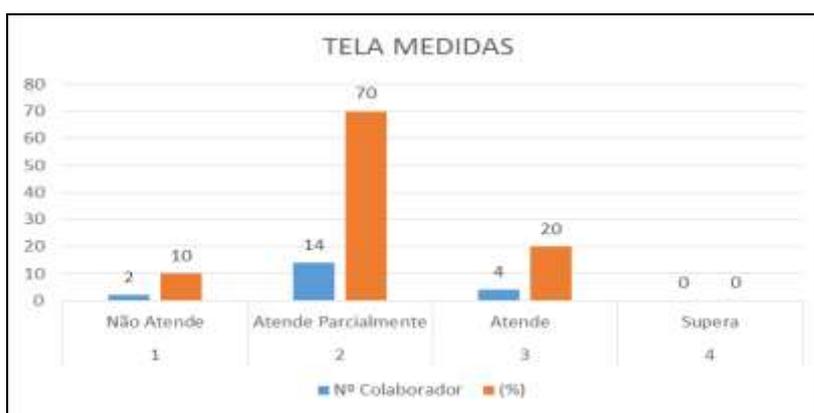


Fonte: Sistema de supervisão e controle (2016)

Na tela de medidas apresentada é possível verificar que embora apresente o resultado da indicação das medidas, não apresenta os indicadores dos limites operacionais de máximo e mínimo das variáveis o que pode fazer com que o operador demande um tempo maior para a tomada de decisão.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.5 – Resultado da Pesquisa – Tela de Medidas



Fonte: Próprio autor EDP (2017)

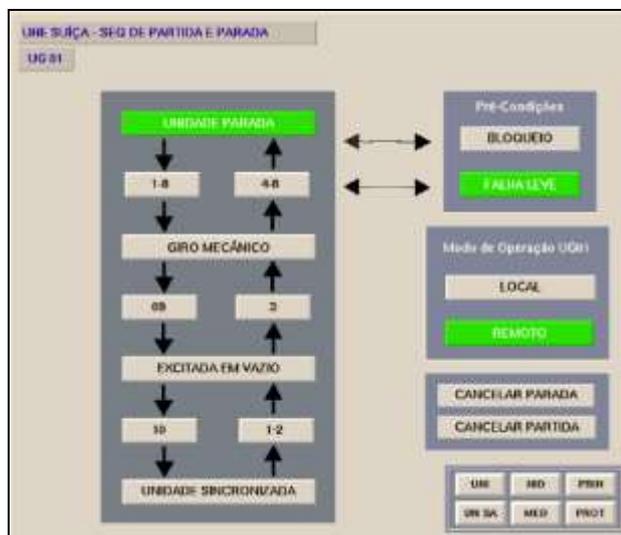
O Gráfico 4.5, apresenta que 70% dos usuários afirmaram que a tela de proteção e sinalizações atendia parcialmente e 10% afirmaram que a tela de medidas não atende. O número de usuários com a opinião “atende parcialmente” diminuiu, pois, o acesso à esta tela não é realizado com muita frequência e normalmente não demanda muitas ações por parte do usuário.

Tela de Sequência de Partidas da Unidade Geradora

A Figura 4.6 apresenta a tela de sequência de partidas da unidade geradora da usina onde é utilizado pelo usuário, apenas para acompanhamento dos processos de partidas e paradas de unidades geradoras. A frequência de utilização desta tela depende muito do período do ano, uma vez que é uma usina hídrica e depende de condições hidrológicas favoráveis para que todas as unidades geradoras estejam em operação, logo, em períodos chuvosos, que normalmente para a região sudeste do país acontece entre os meses de outubro a março, a frequência de partida de unidades geradoras é maior e conseqüentemente o usuário

utiliza esta tela com maior frequência, o que se inverte em período de seca que não demanda o funcionamento de muitas unidades geradoras.

Figura 4.6 – Tela de Sequência de Partidas da Unidade Geradora

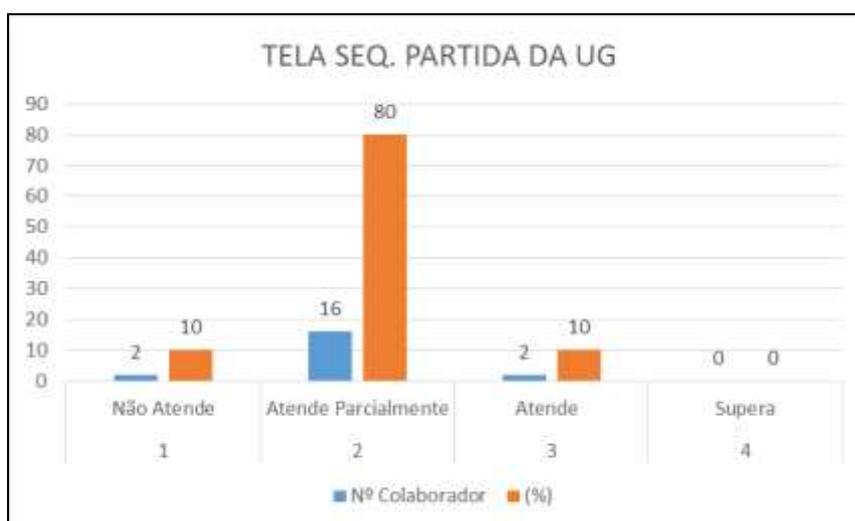


Fonte: Sistema de supervisão e controle (2016)

Na tela se sequência de partida da unidade geradora é possível verificar que embora tenham setas de indicações, ela não é intuitiva.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.6 – Resultado da Pesquisa – Tela de Sequência de Partidas da Unidade Geradora



Fonte: Próprio autor EDP (2017)

O Gráfico 4.6, apresenta que 80% dos usuários afirmaram que a tela de sequência de partida da unidade geradora atendia parcialmente.

Tela de Hidrologia

A Figura 4.7 apresenta a tela de hidrologia da usina onde é utilizado pelo usuário, apenas para acompanhamento dos níveis hidráulicos operacionais.

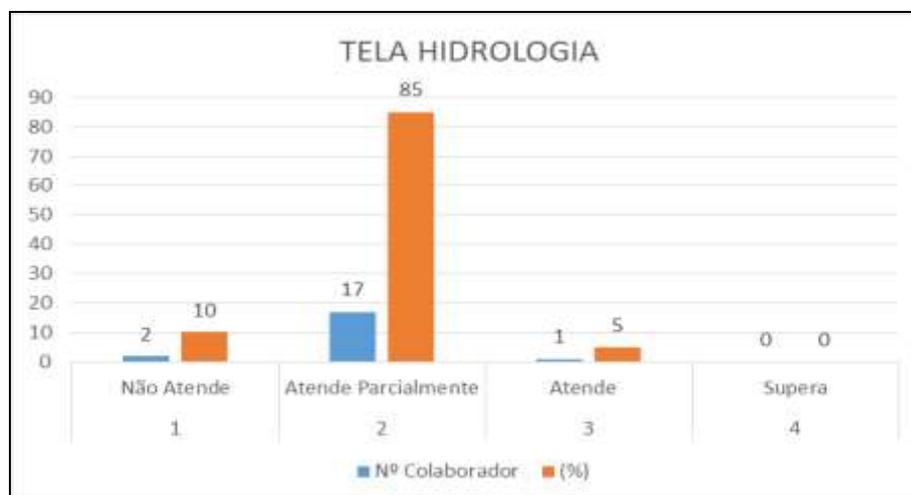
Figura 4.7 – Tela de Hidrologia



Fonte: Sistema de supervisão e controle (2016)

Na tela de hidrologia, as cores não são utilizadas apenas para apresentação de alarmes e a indicações nas variáveis não apresenta limites operacionais de máximo e mínimo. Avaliação dos usuários

Gráfico 4.7 – Resultado da Pesquisa – Tela de Hidrologia



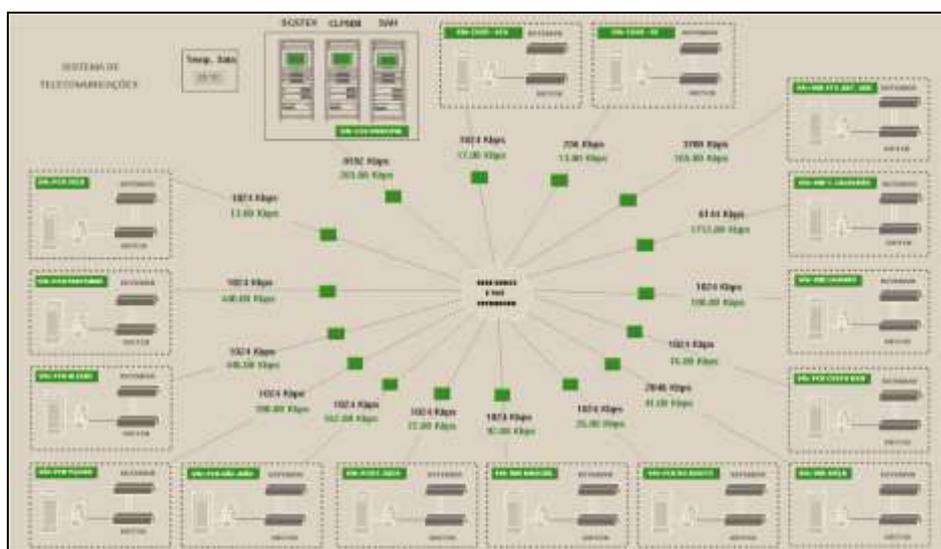
Fonte: Próprio autor EDP (2017)

O Gráfico 4.7, apresenta que 85% dos usuários afirmaram que a tela de sequência de partida da unidade geradora atendia parcialmente e 10% afirmaram que a tela não atende.

Tela de Monitoramento de Telecon

A Figura 4.8 apresenta a tela de monitoramento de Telecon das usinas onde é utilizado pelo usuário, apenas para acompanhamento em caso de perda de comunicação do centro de operação com as usinas. Através desta tela o usuário consegue ter uma visão dos sistemas de telecomunicação de todas as usinas que são monitoradas pelo centro de operação e ainda, em caso de perda de comunicação entre o centro de operação e uma respectiva usina, é possível identificar em qual ponto pode ter ocorrido a falha, se no *link* de comunicação fornecido pela operadora, se na usina que está sendo monitorada ou ainda se no centro de operação. Por meio da identificação da falha o usuário consegue tomar a decisão de qual equipe de suporte e manutenção ele irá acionar, fazendo com que a falha seja corrigida o mais rápido possível.

Figura 4.8 – Tela de Monitoramento de Telecon

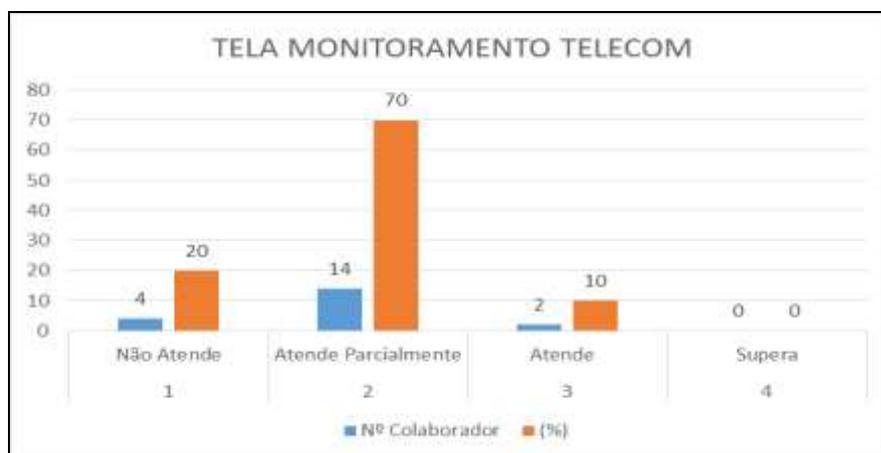


Fonte: Sistema de supervisão e controle (2016)

Na tela de monitoramento de telecomunicações a cor verde não é utilizada apenas para indicação de alarmes e sim para a identificação do monitoramento de ativos que são monitorados.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.8 – Resultado da Pesquisa – Tela de Monitoramento de Telecon



Fonte: Próprio autor EDP (2017)

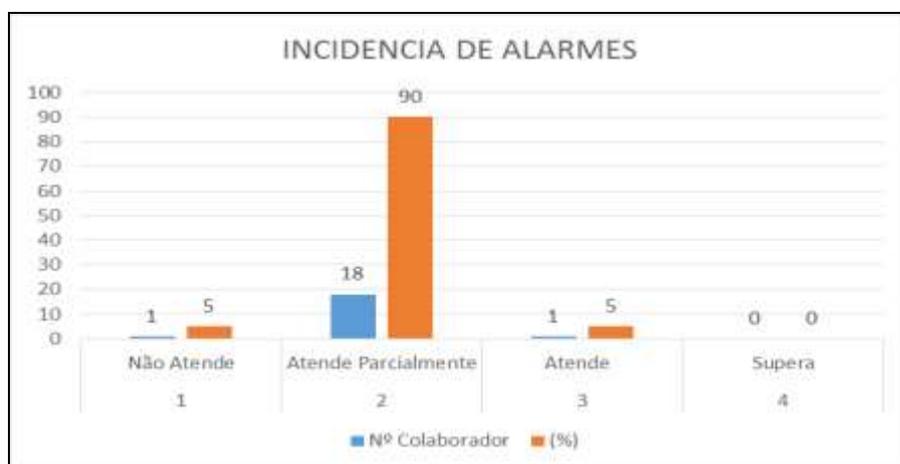
O Gráfico 4.8, apresenta que 70% dos usuários afirmaram que a tela de monitoramento de telecon atende parcialmente.

Incidência de alarmes

Referente a incidência de alarmes a pesquisa foi direcionada para a quantidade e sons produzidos pelos alarmes, bem como suas respectivas prioridades.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.9 – Resultado da Pesquisa – Incidência de Alarmes



Fonte: Próprio autor EDP (2017)

O Gráfico 4.9, apresenta que 90% dos usuários afirmaram que a incidência de alarme “atende parcialmente”. É notório que o número de usuários com a opinião “atende parcialmente” aumente, pois todo alarme demanda decisão e ação por parte do usuário.

4.2 2ª FASE: ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA

Conforme os gráficos apresentados com a opinião empírica dos principais usuários as telas de maneira geral apresentaram o resultado “atende parcialmente” o que se mostrou um resultado coerente com a realidade já que embora as telas não estejam em um padrão de uma IHM de alta performance elas têm sido utilizadas para a operação das usinas.

Cabe ressaltar que a opinião de cada usuário foi baseada em sua experiência do dia a dia de trabalho e que os usuários desconheciam a existências das normas ISA 18.2 e ISA 101, o que faz com a pesquisa não seja tendenciosa e seja muito mais assertiva.

Os usuários que realizaram as pesquisas são usuários experientes e na média possuem 10 anos de experiência e já trabalham com sistemas diferentes em relação ao objeto da pesquisa.

4.3 3ª FASE: DESENVOLVIMENTO DA IHM DE ALTA PERFORMANCE

Com base nos resultados da pesquisa realizada com os principais usuários na 1ª fase do desenvolvimento foram utilizadas as propostas das normas ISA 18.2 e ISA 101 para a criação de novas IHMs e reestruturação da filosofia de alarmes considerando a quantidade de alarmes, o som produzido por eles e suas prioridades, com o objetivo de se obter uma IHM de alta performance.

Já em nível de comparação dos resultados encontrados os gráficos já apresentam o resultado da pesquisa atual em comparação com o resultado da pesquisa anterior.

Tela Principal

A tela principal refere-se a tela geral do centro de operação, ao qual o operador mantém ela aberta em sua área de trabalho principal. Através desta tela o operador tem acesso a qualquer usina que seja supervisionada pelo centro de operação com apenas um *click* do mouse.

Figura 4.9 – Tela Principal

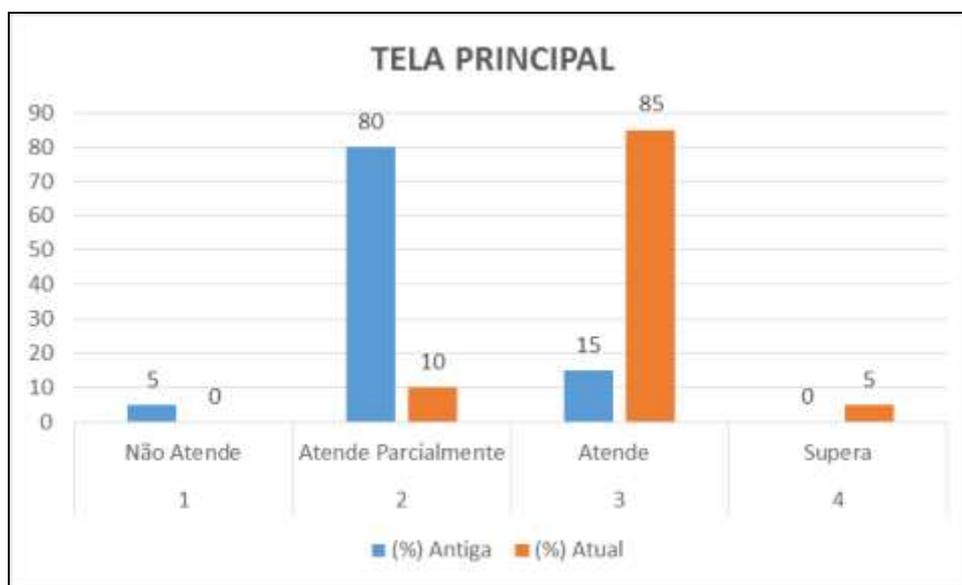


Fonte: Sistema de supervisão e controle (2017)

É possível verificar que as cores são utilizadas apenas para identificar os alarmes e já na tela principal o usuário consegue identificar a quantidade alarmes.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.10 – Resultado da Pesquisa – Tela Principal



Fonte: Próprio autor EDP (2017)

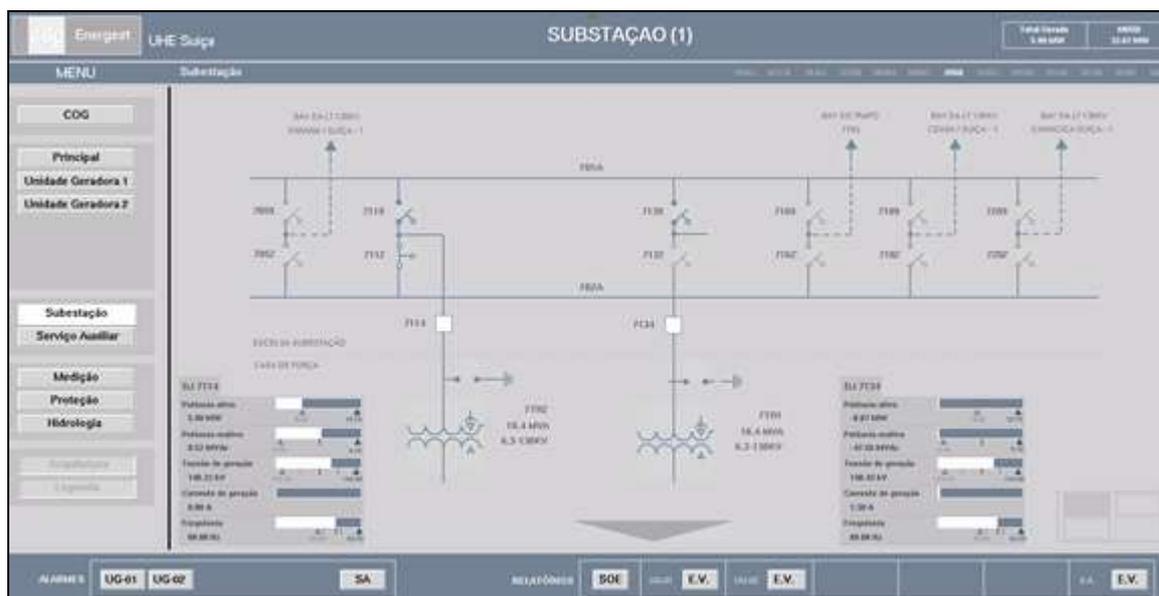
O gráfico 4.10 apresenta a significativa mudança positiva na opinião dos usuários sobre a nova IHM em comparação com a antiga afirmando que 85% dos usuários entenderam que a nova IHM atende e 5% entenderam que ela supera as expectativas.

Tela da Subestação

A tela da subestação apresenta o desenho unifilar da usina hidrelétrica Suíça, onde o operador consegue visualizar o estado atual de cada ativo e também executar manobras operacionais.

É uma tela de suma importância para o usuário, uma vez que é utilizada para manobras sistêmicas de alta tensão, 34,5kV e podem influenciar diretamente o SIN – Sistema Interligado Nacional.

Figura 4.10 – Tela da Subestação

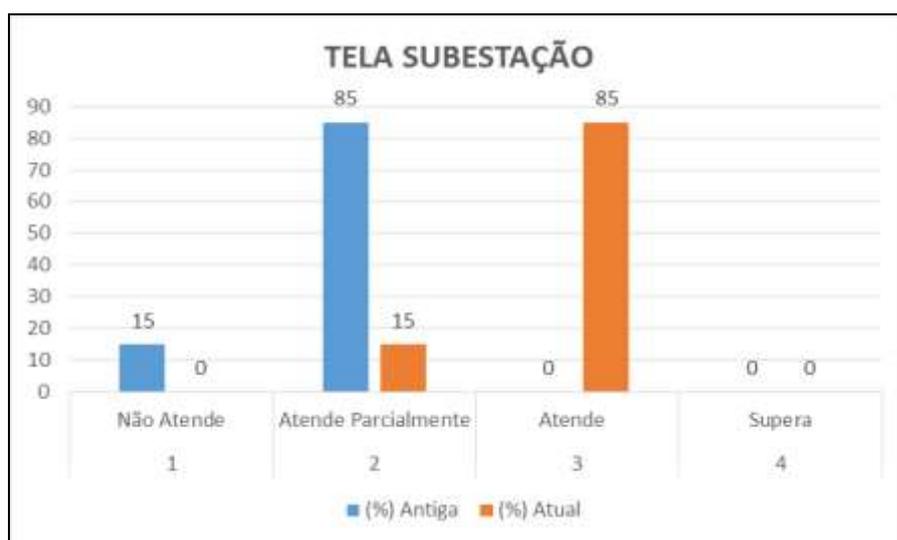


Fonte: Sistema de supervisão e controle (2017)

Na tela da subestação é possível identificar que a cor será utilizada apenas para indicação de alarmes, o que fará que o usuário visualize facilmente uma situação anormal do sistema.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.11 – Resultado da Pesquisa – Tela da Subestação



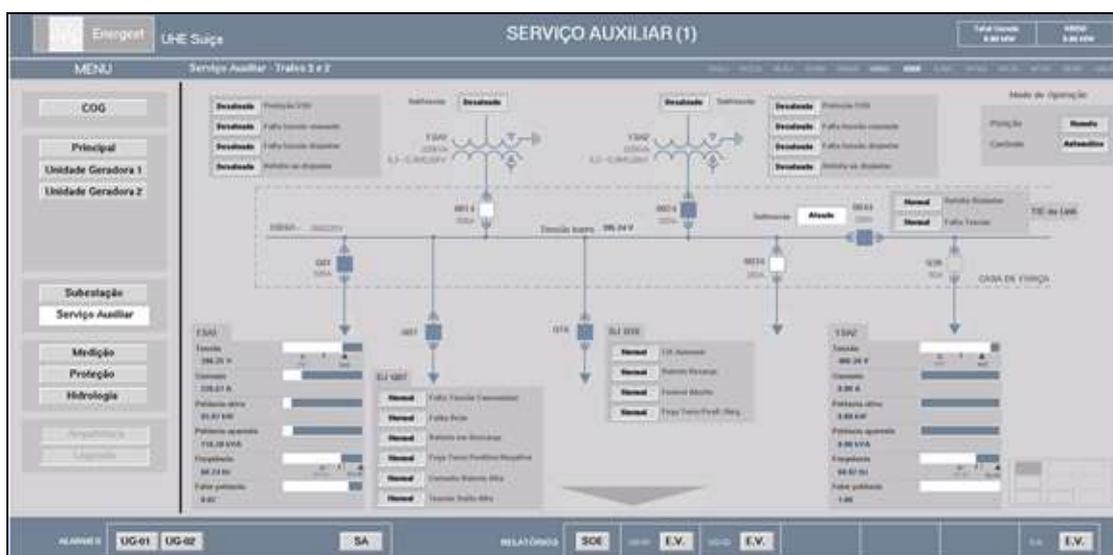
Fonte: Próprio autor EDP (2017)

O gráfico 4.11 apresenta a significativa mudança positiva na opinião dos usuários sobre a nova IHM em comparação com a antiga afirmando que 85% dos usuários entenderam que a nova IHM atende as expectativas.

Tela do Serviço Auxiliar

A tela de serviço auxiliar é utilizada pelo operador para verificação e execução de manobras no serviço auxiliar da usina. O serviço auxiliar é o sistema responsável por manter todos os sistemas auxiliares da usina em funcionamento, sejam eles elétricos ou mecânicos. Para que uma usina entre em funcionamento é preciso que o serviço auxiliar esteja em perfeito funcionamento e uma vez que ocorra uma determinada falha o operador precisa realizar manobras rápidas para a normalização.

Figura 4.11 – Tela do Serviço Auxiliar



Fonte: Sistema de supervisão e controle (2017)

Na tela do serviço auxiliar é possível identificar que a cor será utilizada apenas para indicação de alarme e que as variáveis estão sendo indicadas com os respectivos limites operacionais de máximo e mínimo, o que fará que o usuário visualize facilmente uma situação anormal do sistema. A disposição dos ativos distribuídos na tela também facilita a visualização do operador de todas as possibilidades de fontes do serviço auxiliar da usina.

Para esta usina em específico as possibilidades de alimentação do serviço auxiliar podem partir de ambas as unidades geradora, do gerador diesel de emergência e do retorno da alimentação das linhas de transmissão que chegam até a subestação da usina.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.12 – Resultado da Pesquisa – Tela do Serviço Auxiliar



Fonte: Próprio autor EDP (2017)

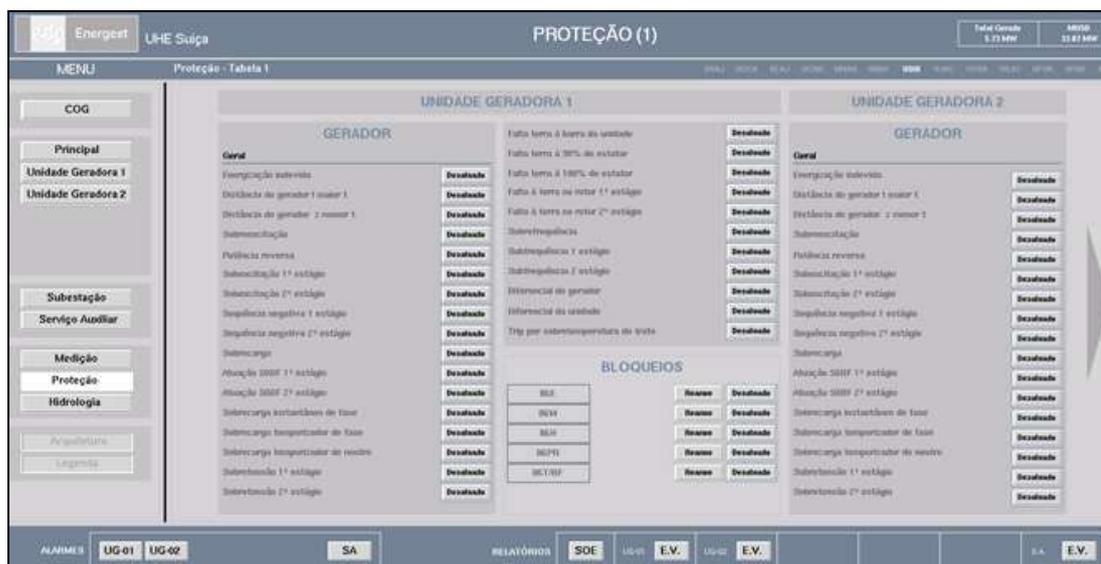
O gráfico 4.12 apresenta a significativa mudança positiva na opinião dos usuários sobre a nova IHM em comparação com a antiga afirmando que 75% dos usuários entenderam que a nova IHM atende e 5% entenderam que supera as expectativas.

Tela de Proteção e Sinalizações

A tela de proteção e sinalização é consultada pelo operador, normalmente, em momentos de perturbações sistêmicas para que seja identificado quais as proteções e sinalizações foram sensibilizadas.

E considerando que perturbações sistêmicas demandam tomadas de decisões e ações rápidas por parte do operador, a tela tem de ser bem prática e de fácil entendimento, bem como, destacar apenas os alarmes das proteções e sinalizações que necessitem da ação do operador.

Figura 4.12 -Tela de Proteção e Sinalizações

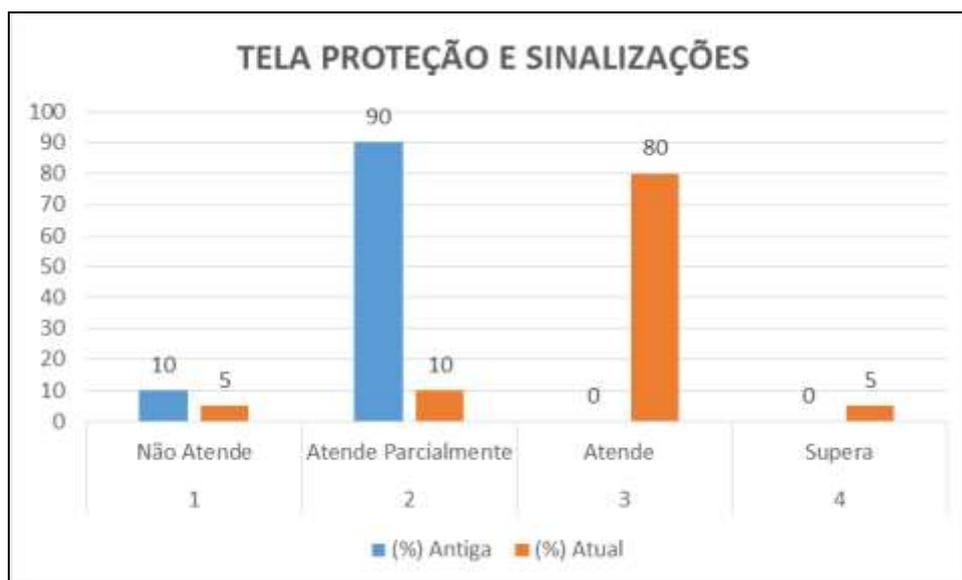


Fonte: Sistema de supervisão e controle (2017)

Na tela de proteção e sinalização é possível identificar que a cor será utilizada apenas para indicação de alarmes, o que fará que o usuário visualize facilmente uma situação anormal do sistema.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.13 – Resultado da Pesquisa – Tela de Proteção e Sinalizações



Fonte: Próprio autor EDP (2017)

O gráfico 4.13 apresenta a significativa mudança positiva na opinião dos usuários sobre a nova IHM em comparação com a antiga afirmando que 80% dos usuários entenderam que a nova IHM atende e 5% entenderam que supera as expectativas.

Tela de Medidas

Na tela de medidas o operador consegue verificar em tempo real os valores das variáveis do processo juntamente com seus limites operacionais.

Figura 4.13 – Tela de Medidas



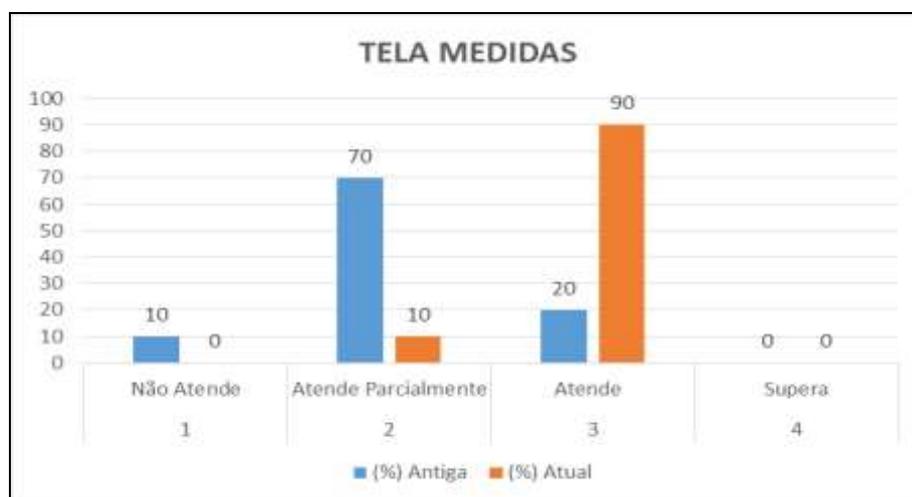
Fonte: Sistema de supervisão e controle (2017)

Na tela de medição é possível identificar que a cor está sendo utilizada apenas para indicação de alarmes ou de anormalidades que demandem ações por parte do operador, o que fará que o usuário visualize facilmente e consiga tomar uma decisão assertiva e em tempo hábil.

Outro ponto importante a ser destacado nesta tela é a indicação das variáveis com seus respectivos limites operacionais de máximo e mínimo permitido, bem como através desta tela, coluna esquerda da Figura 4.14, o usuário pode facilmente navegar para as outras telas desta mesma usina tornando ainda mais rápido a operação do usuário.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.14 – Resultado da Pesquisa – Tela de Medidas



Fonte: Próprio autor EDP (2017)

O gráfico 4.14 apresenta a significativa mudança positiva na opinião dos usuários sobre a nova IHM em comparação com a antiga afirmando que 90% dos usuários entenderam que a nova IHM atende as expectativas.

Tela de Sequência de Partidas da Unidade Geradora

A tela de sequência de partida o usuário utiliza todas as vezes em for necessário a partida ou parada da unidade geradora, e por esta tela ele já consegue verificar onde ele está no processo, bem como, onde ele precisa chegar.

Figura 4.14 – Tela de Sequência de Partidas da Unidade Geradora



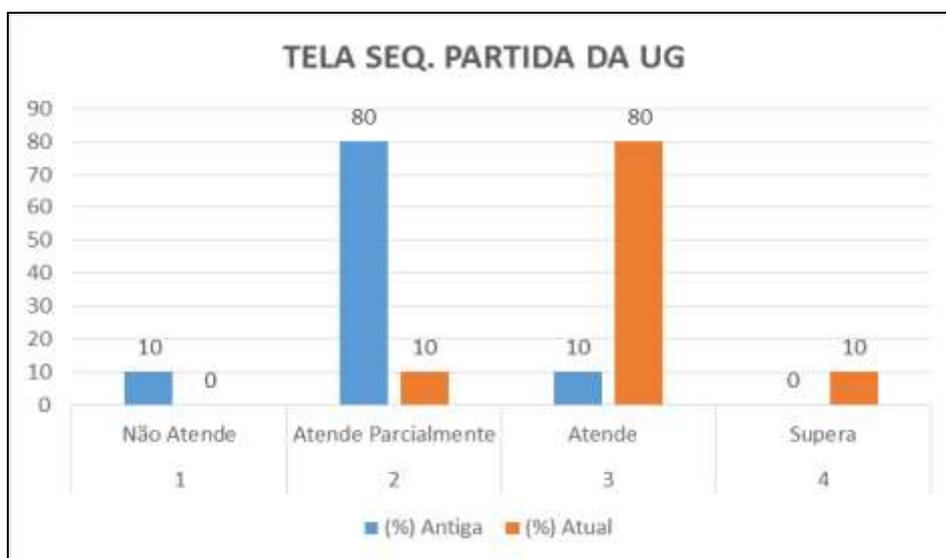
Fonte: Sistema de supervisão e controle (2017)

Na tela de sequência de partida de unidade geradora é possível identificar que a cor será utilizada apenas para indicação de alarmes e foi incluído a indicação dos limites operacionais de máximo e mínimo das respectivas variáveis.

Ainda nesta tela também foi incluído a possibilidade de o usuário navegar facilmente para as demais telas desta usina e até mesmo retornar para a tela principal do centro de operação para visualizar o estado operacional das demais usinas que são supervisionadas pelo centro de operação.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.15 – Resultado da Pesquisa – Tela de Sequência de Partidas da Unidade Geradora



Fonte: Próprio autor EDP (2017)

O gráfico 4.15 apresenta a significativa mudança positiva na opinião dos usuários sobre a nova IHM em comparação com a antiga afirmando que 80% dos usuários entenderam que a nova IHM atende e 10% entenderam que supera as expectativas, e ainda vale ressaltar que para esta tela nenhum dos usuários que foi submetido à pesquisa entenderam que a tela não atenderia às suas expectativas.

Tela de Hidrologia

A tela de hidrologia apresenta todos os níveis operacionais hidráulicos e necessários para a realização do controle hidráulico da usina. Para este caso específico da usina hidrelétrica de Suíça, também é apresentado a posição das comportas que são utilizadas em casos de necessidade de vertimento. Normalmente em período chuvoso esta tela é muito utilizada pelo operador com objetivo da realização de um efetivo controle hidráulico da usina.

Figura 4.15 – Tela de Hidrologia

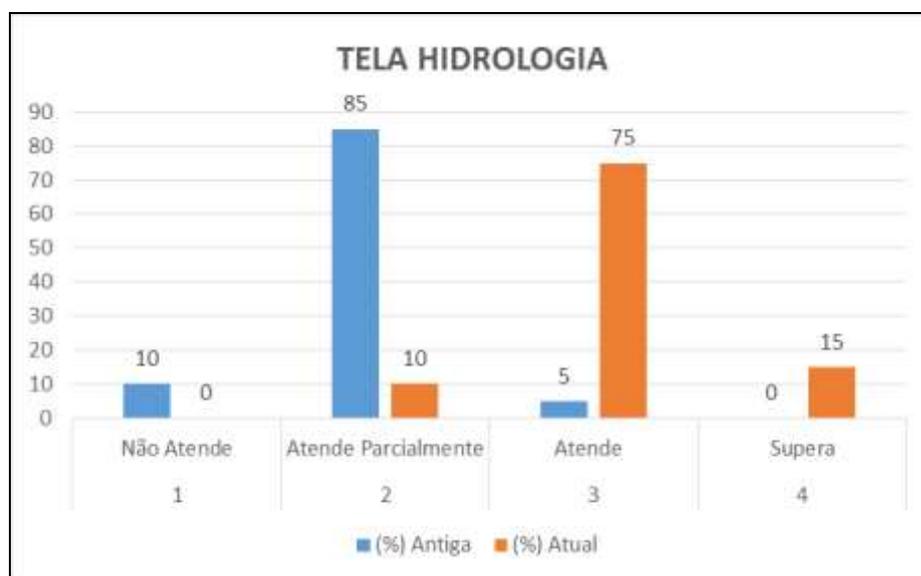


Fonte: Sistema de supervisão e controle (2017)

Na tela de hidrologia é possível identificar que a cor será utilizada apenas para indicação de alarmes e que foram inseridos os limites operacionais de máximo e mínimo na indicação das variáveis o que fará que o usuário visualize facilmente uma situação anormal do sistema e consiga tomar decisão em tempo hábil.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.16 – Resultado da Pesquisa – Tela de Hidrologia



Fonte: Próprio autor EDP (2017)

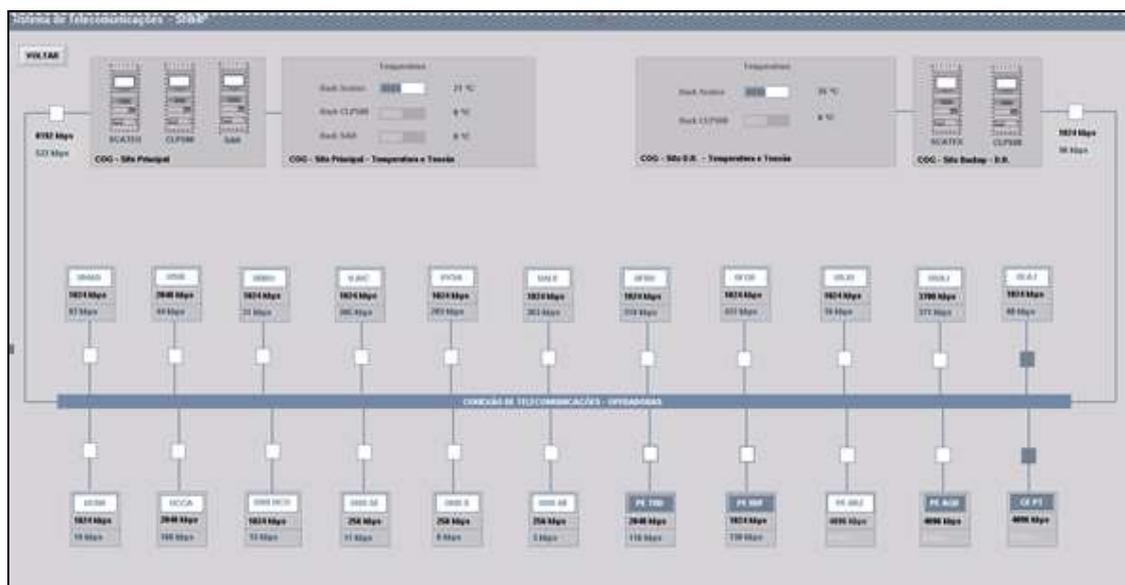
O gráfico 4.16 apresenta a significativa mudança positiva na opinião dos usuários sobre a nova IHM em comparação com a antiga afirmando que 75% dos usuários entenderam que a nova IHM atende e 15% entenderam que supera as expectativas, também vale ressaltar que para esta tela nenhum dos usuários que foram submetidos à pesquisa entenderam que a tela não atenderia suas expectativas em relação às necessidades de operação.

Tela de Monitoramento de Telecon

Através da tela de monitoramento de telecon o operador visualiza o estado das comunicações remotas entre o centro de operação e as usinas que são supervisionadas. É possível observar que os ativos que são supervisionadas ficaram muito bem distribuídos na tela tornando, desta forma, muito mais fácil a visualização por parte do usuário.

Esta é uma tela que auxilia de maneira significativa o direcionamento do operador em caso de perdas de comunicação entre a usina que está sendo monitorada e o centro de operação, uma vez que são usinas telecomandadas, ou seja, usinas que não possuem operadores locais.

Figura 4.16 – Tela de Monitoramento de Telecon

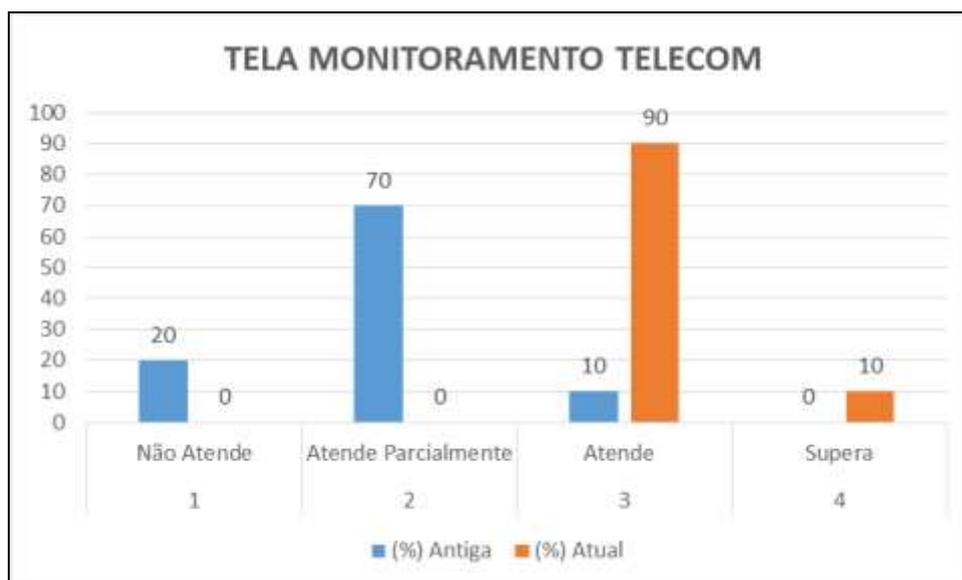


Fonte: Sistema de supervisão e controle (2017)

Na tela de monitoramento de telecomunicações é possível identificar que a cor será utilizada apenas para indicação de alarmes, o que fará que o usuário visualize facilmente uma situação anormal durante o monitoramento do sistema.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.17 – Resultado da Pesquisa – Tela de Monitoramento de Telecon



Fonte: Próprio autor EDP (2017)

O gráfico 4.17 apresenta a significativa mudança positiva na opinião dos usuários sobre a nova IHM em comparação com a antiga afirmando que 90% dos usuários entenderam que a nova IHM atende e 10% entenderam que supera as expectativas.

Incidência de alarmes

Para a incidência de alarmes foi realizado um trabalho de reclassificação das prioridades dos grupos alarmes já existentes na base de dados, fazendo desta forma, que as quantidades de alarmes diminuíssem. Além disso, foi alterado a sonoridade dos alarmes de acordo com as prioridades tornando o som mais suave para o operador, tirando desta forma, o antigo som contínuo de sirene ou buzinas e ainda possibilitando que o operador identifique a prioridade dos alarmes, se prioridade alta ou baixa, de acordo com o som que ele ouve.

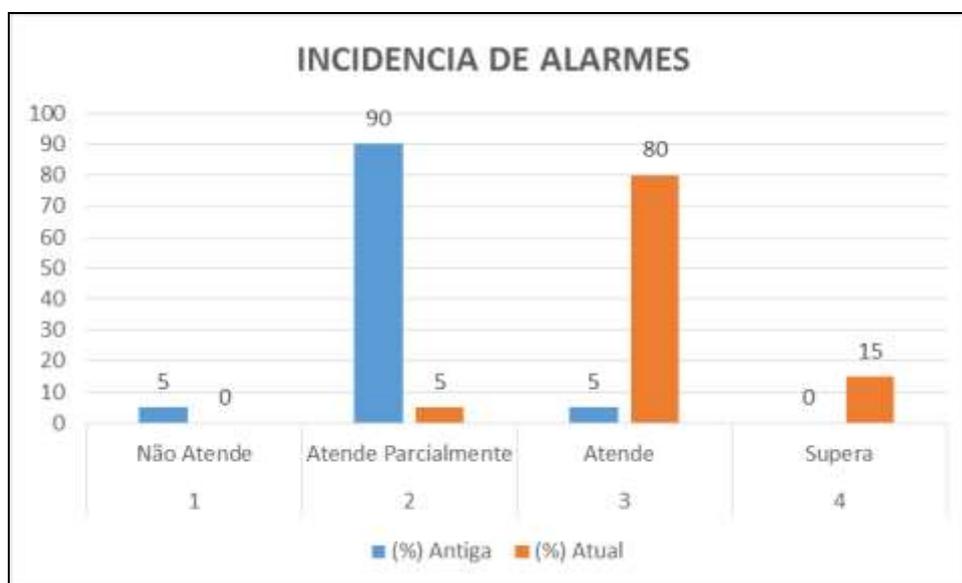
Os novos sons utilizados para cada prioridade dos alarmes, foram:

- Prioridade baixa: LG G3 SMS.mp3
- Prioridade alta: iPhone_5_SMS.mp3

Ainda, de maneira a direcionar o operador de forma rápida, foi acrescentado na tela principal um contador de alarmes para cada usina que é supervisionada pelo centro de operação. Assim, já na tela principal, e mais utilizada pelo operador do centro de operação, e logo que o operador assume o turno de trabalho, ele já consegue tomar conhecimento da situação de cada usina, bem como a quantidade de alarmes ativos para cada uma delas.

Avaliação dos usuários

Gráfico 4.18 – Resultado da Pesquisa – Incidência de Alarmes



Fonte: Próprio autor EDP (2017)

O gráfico 4.18 apresenta a significativa mudança positiva na opinião dos usuários sobre a nova IHM em comparação com a antiga afirmando que 80% dos usuários entenderam que a nova IHM atende e 15% entenderam que supera as expectativas.

4.4 4ª FASE: ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA DA NOVA IHM

Comparando o resultado da pesquisa realizada junto aos usuários principais, é possível afirmar que o resultado obtido foi satisfatório.

Um fator que é preciso ser levado em conta é a adaptação à mudança, pois sempre que ocorrem mudanças nas ferramentas de trabalho que o usuário está habituado é natural que inicialmente aconteça um período de adaptação. Ainda considerando o fator, adaptação à mudança, os resultados foram acima do esperado.

A nova IHM foi elaborada considerando a opinião do usuário final e com as premissas da ISA 18.2 e ISA 101.

4.5 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentado as novas telas desenvolvidas com objetivo de se chegar em uma IHM de alta performance, apresentada para avaliação dos usuários principais e com base nos resultados obtidos foi feita a comparação dos resultados e apresentada em forma gráfica.

O resultado apresentado e demonstrado em forma gráfica representa que as premissas propostas pelos padrões das normas ISA 18.2 e ISA 101 são primordiais quando se está buscando uma IHM de alta performance. A resposta positiva dos principais usuários da IHM também confirma o caminho certo.

No próximo capítulo será apresentado a conclusão dos resultados obtidos no desenvolvimento deste trabalho bem como será apresentado pontos de melhoria e novas propostas de trabalho sob o tema desenvolvido.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o desenvolvimento e experiência adquirida neste trabalho é possível citar diversos pontos positivos e negativos, bem como as dificuldades e soluções encontradas, para isso, será apresentado uma síntese de todos os resultados obtidos até este capítulo.

Ainda antes das considerações sobre os resultados obtidos, é prudente ressaltar que este tema, IHM de alta performance, é muito amplo e possui diversas linhas de pesquisas e resultados empíricos, além de para muitos setores industriais ser algo teoricamente novo, havia vista que a norma ISA 101, que propõe um ciclo de vida para o desenvolvimento de uma IHM, foi publica no ano de 2015, e a ISA 18.2 que trata do ciclo de vida do gerenciamento de alarmes foi publicada em 2009, o que se pode considerar uma publicação recente para um tema extremamente crítico e que desafia em todos os momentos a análise de confiabilidade humana.

5.1 RESULTADOS POSITIVOS

Durante a execução das fases de desenvolvimento em que foi realizada uma pesquisa junto aos usuários principais e com o objetivo de se encontrar pontos de melhoria e entender as dificuldades no dia a dia de utilização da IHM antiga foi possível verificar na prática o que afirma o autor ABERGO, (2000), sobre a necessidade de adequação dos sistemas de trabalho à características, habilidades e limitações dos usuários buscando um ambiente seguro, eficiente e confortável

Além do objetivo principal que é o desenvolvimento de uma IHM de alta performance foi possível verificar a motivação dos usuários operadores em participar do processo de melhoria, o que aumentou ainda mais as chances de sucesso na mudança da IHM antiga.

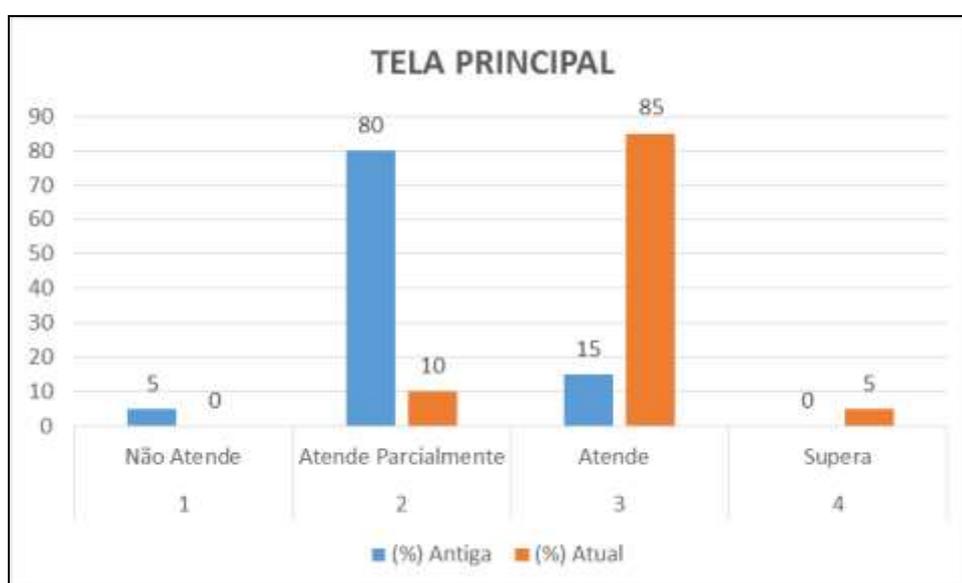
Ainda foi possível observar no resultado das pesquisas na 1ª fase que as colocações dos usuários estavam, em sua grande parte, em acordo com as normas ISA 101 e ISA 18.2, havia vista que os usuários não conheciam a norma até então. Este fato evidenciou, ainda mais, a assertividade dos tópicos propostos por ambas as normas e motivou, desta forma, a equipe que estava designada para a realização do trabalho de desenvolvimento de uma nova proposta de IHM.

Já na fase de desenvolvimento das notas telas e buscando atender os requisitos da usabilidade que segundo Nielsen, (1993), é formada pelas características de facilidade e aprendizado, eficiência, facilidade de memorização, baixa taxa de erros e satisfação do usuário, os usuários principais foram convidados a estarem validando cada tela que se encontrava em fase final de conclusão com o objetivo de verificar se aquela determinada tela, ainda que estivesse no padrão das normas ISA 101 e 18.2, atendia às necessidades do usuário, fator esse, que colaborou significativa e positivamente com a familiaridade e aceitação das novas telas por parte dos usuários.

Outra preocupação que muito foi levado em consideração no envolvimento dos usuários operadores durante o desenvolvimento das telas, foi as pesquisas realizadas por Scapin (1993), que afirma que a não inclusão dos usuários no trabalho de construção de IHM é um dos problemas relacionados à IHM que não tem aceitabilidade dos usuários.

A análise da do resultado das avaliações nas novas telas que foram criadas apresentou de maneira muito positiva a aceitabilidade de todos os usuários que participaram da pesquisa. Apenas como exemplo o Gráfico 5.1 apresenta a comparação dos resultados da avaliação sobre a tela principal e mais utilizadas pelos usuários operadores ao qual mostra uma mudança significativa na opinião dos usuários.

Gráfico 5.1 – Comparação dos Resultados – Tela Principal



Fonte: Próprio autor EDP (2017)

Outro fator muito positivo, e que trouxe a satisfação ao usuário, foi a alteração dos sons emitidos pelos alarmes que antes afirmavam que o som contínuo ou até mesmo o som de sirene incomodava e sempre trazia um certo desconforto, e que vale ressaltar que a ideia de um sinal sonoro na ocorrência de um determinado alarme tem o objetivo, conforme apresentado no item 2.1.1.1, de trazer um *input* para a ativação da percepção, memória, raciocínio e respostas do usuário, no entanto esse *input* não pode trazer desconforto e conseqüentemente a desaprovação.

Com referência aos alarmes, outro item que a avaliação do usuário foi muito positiva foi a incidência de alarmes que com a reclassificação das prioridades dos alarmes obteve-se uma redução significativa no número de alarmes que surgem como *inputs* aos usuários operadores. Também vale ressaltar que para a reclassificação das prioridades dos alarmes foi necessário envolvimento da equipe técnica de campo, fator esse, que possibilitou ainda mais a boa implantação do projeto de uma nova IHM.

5.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS E SUPERAÇÕES

A principal dificuldade para a implantação do projeto de uma IHM de alta performance com foco na análise da confiabilidade humana é o convencimento dos usuários, de maneira geral, que a mudança trará resultados positivos e melhorias nos processos de trabalho do dia a dia, pois inicialmente prevalece a premissa que toda mudança traz um certo desconforto e dificuldade de aceitação, no entanto conforme citado no item 5.1, o envolvimento dos usuários em todas as fases do projeto foi fundamental para superar as dificuldades em relação à aceitação da mudança.

A tecnologia voltada para o sistema de supervisão e controle que a empresa já detém também é um ponto de atenção para a implantação do projeto nos moldes de uma IHM de alta performance, pois caso não tenham os recursos necessários e que possibilitem a alteração das telas, seria necessário um investimento para a substituição do SDSC atual o que poderia, dependendo do foco da empresa, inviabilizar o projeto. Neste caso o SDCS que a empresa detém, atendeu consideravelmente ao escopo do projeto não sendo necessário a substituição do

SDCS para implantação do projeto, porém, o SDCS não atendeu em sua totalidade, devido a limitação no número de escala das cores cinzas e brancas, no entanto foi possível chegar o mais próximo do recomendado pela norma ISA, o que, de maneira geral, não impactou a implantação e nem mesmo as propostas realizadas pela norma.

5.3 BENEFÍCIOS DO PROJETO

As mudanças implementadas, com base nas normas ISA, trouxeram diversos benefícios para a empresa de um modo geral, dentre eles podemos citar:

- Rapidez na navegação das telas;
- Melhoria da usabilidade do sistema;
- Tempo de resposta mais rápido por parte do usuário no acontecimento dos inputs da IHM;
- Satisfação do usuário;
- Diminuição do número de alarmes;
- Ter em tempo real o número de alarmes já na tela principal, o que faz com o usuário, ao assumir seu turno de trabalho, tenha de forma rápida a ponto de situação das usinas que serão por ele operadas;
- Ter um projeto implementado com base em uma norma de cunho internacional;
- Referência para outras áreas de tecnologia da empresa;
- Melhora da confiabilidade do sistema;
- Confiança dos usuários nas informações expressas nas telas;
- Possibilidade de o usuário, de maneira rápida, identificar os limites operacionais e tomar decisões em tempo hábil;
- Dar condições para o usuário dar um melhor suporte para as equipes de campo que são acionadas de acordo com as necessidades apresentadas pelo centro de operação;

De um modo geral, o projeto foi implementado de maneira satisfatória trazendo, desta forma, benefícios para a empresa e para todos os usuários da IHM que foi construída.

5.4 PROPOSTA DE EXTENSÃO DO TRABALHO DESENVOLVIDO.

Com a experiência e aprendizados adquiridos durante o desenvolvimento deste trabalho, foi possível identificar que o tema estudado e apresentado neste trabalho, é muito amplo e por isso cabe diversas propostas de melhorias e ou continuidades sobre o tema, dentre ele podemos citar:

- O envolvimento da área de recursos humanos, mais propriamente psicólogas, especialistas com o conhecimento em modelos comportamentais no trabalho. O objetivo principal é que seja acrescentado antes do início do projeto uma análise psicossocial com todos os usuários para que seja medido o nível de estresse e comportamentos dos usuários para que após um determinado tempo da implantação do projeto seja feita uma nova análise psicossocial, utilizando-se da mesmas premissas na primeira análise, para efeito de comparação e consequentemente poder identificar o quanto as novas cores e sons dos alarmes da IHM de alta performance influenciaram no nível de estresse do usuário.
- Acrescentar nos próximos trabalhos a criação de um procedimento para a classificação das prioridades dos alarmes, de forma a ter um nível de alarme aceitável e possível de ser gerenciado pelos usuários. O procedimento deverá trazer um passo a passo para cada sistema de uma determinada usina com os respectivos graus de riscos e propostas de prioridades dos alarmes.
- Uma outra proposta para trabalhos futuros é a realização da classificação da base de dados do centro de operação, criando assim, um procedimento, para a identificação de quais variáveis e sistemas deverá,

remotamente, aparecer na IHM de alta performance para o operador do centro de operação. O objetivo principal seria deixar as telas apenas com as informações das variáveis essenciais para a operação, deixando assim, a tela bem mais suave e com bem menos informações, tornando a tomada de decisão muito mais rápida e assertiva.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, J.I. **Reestruturação Produtiva e Variabilidade do Trabalho: Uma Abordagem da Ergonomia**. Revista Psicologia: Teoria e Pesquisa. Vol 16, número 1, 2000.
- ABRAHÃO, J.I.; SILVINO, A.M.; SARMET, M.M. Ergonomia, Cognição e Trabalho Informatizado. AICHE/CCPS. **Tools for Making Acute Risk Decisions with Chemical Process Safety Applications**. New York, AIChE, 1994.
- AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS - AICHE/ CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY - CCPS. **Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety**. New York, AIChE, 1994.
- ANSI/ISA - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE/INTERNATIONAL SOCIETY OF AUTOMATION – 101, **Human Machine Interfaces for Process Automation Systems**, 2015.
- ANSI/ISA - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE/INTERNATIONAL SOCIETY OF AUTOMATION -18. **Management of Alarm Systems for the Process Industries**, 2009.
- ABERGO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA, A. certificação do ergonomista brasileiro. **Editorial do Boletim**, v. 1, 2000.
- ABNT NBR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - 9241-11. **Requisitos ergonômicos para o trabalho com dispositivos de interação visual**. Parte 11: orientações sobre usabilidade. Rio de Janeiro: ABNT; 2011
- BRANSBY, M.; JENKINSON, J., "Alarming performance," **Computing & Control Engineering Journal** , vol.9, no.2, pp.61,67, April, 1998.
- CSB - U. S. CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION BOARD. Disponível em <<http://www.csb.gov/assets/1/19/CSBFinalReportBP.pdf>>. Acesso em 07 de Maio de 2017.
- COUTO, H.A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina Humana**. Vol 2. Belo Horizonte: Ergo, 1996.
- EDP - ENERGIAS DE PORTUGAL. Disponível em <http://www.edp.com.br/conheca-edp/perfil_de_negocios/Paginas/default.aspx#0>. Acesso em 01 de Maio 2017.
- EEMUA - THE ENGINEERING EQUIPMENT AND MATERIALS USERS ASSOCIATION. ALARM SYSTEMS a Guide to Design, **Management and Procurement, Technical report -191**, 1999.
- GAGNÉ, R. M. Human functions in systems. In: **Psychological principles in system development**. New-York: Holt Rinehart et Winston, 1962.

Gertman, D. I., Blackman, H. S., Marble, J. L., Byers, J. C., Smith, C. L. (2004). **The SPAR-H Human Reliability Analysis Method**. NUREG/CR-6883. Washington, DC, U.S. Nuclear Regulatory Commission.

HOLLNAGEL, E. **Cognitive Reliability and Error Analysis Method**. England, Elsevier Science, 1998.

HOLLNAGEL, E. **Cognitive Reliability and Error Analysis Method**. England, Elsevier Science, (1998). Revista Psicologia: Teoria e Pesquisa. Vol 21, número 2, 2000.

HOLLIFIELD, Bill; OLIVER, Dana; NIMMO, Ian; HABIBI, Eddie. **The High Performance HMI Handbook**, First Edition. Houston: PAS, 2008. Print.

KB - ELIPSE KNOWLEDGEBASE. Disponível em <http://kb.elipse.com.br/pt-br/questions/5289/_print>. Acesso em 07 de Maio de 2017.

MORAES, A.; MONT'ALVÃO, C. **Ergonomia: conceitos e aplicações**. 2 ed Rio de Janeiro: 2AB, 2000.

NIELSEN, J. **Usability engineering**. Flórida: AP Professional, 1993.

ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Disponível em <http://www.ons.org.br/institucional_linguas/relacionamentos.aspx>. Acesso em 07 de Maio 2017.

PALLEROSI, C.A.; MAZZOLI, B.P.M.; MAZZOLINI, L.R. **Confiabilidade humana, conceitos, análises, avaliação e desafios**, São Paulo, 2011.

PHILLIPS, L., D.; HUMPHREYS, P. C.; EMBREY, D. E. **A socio-technical approach to assessing human reliability** (83-4). OAK Ridge, TN: OAK Ridge National Laboratory, 1983.

POTASH, L., M.; DIETZ, P. E.; LEWIS, C. M.; DOUGHERTY, E. M. Jr. **Experience in integrating the operator contributions in the PRA of actual operating plants**. (AND/ENS Topical Meeting on Probabilistic Risk Assessment, Port Chester, NY) LaGrange, IL; American Nuclear Society, 1981.

RASMUSSEN, J.. **Human factors in a dynamic information society**: Where are we heading? Ergonomics, 43(7), 869-879, 2000.

RASMUSSEN, J. **Models of Mental Strategies in Process Control**. In J. Rasmussen, W. Rouse (Eds.), Human Detection and Diagnosis of System Failures, New York, Plenum Press, 1981.

SCAPIN, D. L. **Situation et perspectives en ergonomie du logiciel**. Em J. C. Sperandio (Org.), L'ergonomie dans la conception des projets informatiques (pp. 7-65). Toulouse, Fr: Octarés Éditions, 1993.

SPERANDIO, J. C. **L'ergonomie du travail mental**. Paris: Masson, 1984. SWAIN, A. D.; GUTTMANN, H. E. **Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications**. NUREG/CR-1278, Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1983.

WARM, J. S. **Sustained Attention in Human Performance**. New York, Wiley, 1984.

WOODS, D. D.; ROTH, E. M.; POPLE, H. JR. **Modeling human intention formation for human reliability assessment**. In G. E. APOSTOLAKI, P. K.; MANCINI, G. (Eds). *Accident sequence modelling Human actions, system response, intelligent decision support*. London: Elsevier Applied Science, 1988.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DA IHM

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DA IHM**Questão 01 – Tela Principal:**

Em sua opinião, a tela principal no SDSC do COG, no quesito operacionalidade, melhor pode ser classificada como:

- A) () – Não atende, pois, as informações não são claras e podem gerar dúvidas;
- B) () – Atende parcialmente, em função dos recursos limitados de operação;
- C) () – Atende, no entanto, possui funcionalidades não intuitivas;
- D) () – Supera as expectativas, por possuir recursos além dos necessários.

Questão 02 – Tela Subestação:

Em sua opinião, a tela subestação no SDSC do COG, no quesito operacionalidade, melhor pode ser classificada como:

- A) () – Não atende, pois as informações não são claras e podem gerar dúvidas;
- B) () – Atende parcialmente, em função dos recursos limitados de operação;
- C) () – Atende, no entanto, possui funcionalidades não intuitivas;
- D) () – Supera as expectativas, por possuir recursos além dos necessários.

Questão 03 – Tela Serviço Auxiliar:

Em sua opinião, a tela serviço auxiliar no SDSC do COG, no quesito operacionalidade, melhor pode ser classificada como:

- A) () – Não atende, pois as informações não são claras e podem gerar dúvidas;
- B) () – Atende parcialmente, em função dos recursos limitados de operação;
- C) () – Atende, no entanto, possui funcionalidades não intuitivas;
- D) () – Supera as expectativas, por possuir recursos além dos necessários.

Questão 04 – Tela Proteção e Sinalizações:

Em sua opinião, a tela proteção e sinalizações no SDSC do COG, no quesito operacionalidade, melhor pode ser classificada como:

- A) () – Não atende, pois as informações não são claras e podem gerar dúvidas;
- B) () – Atende parcialmente, em função dos recursos limitados de operação;
- C) () – Atende, no entanto, possui funcionalidades não intuitivas;
- D) () – Supera as expectativas, por possuir recursos além dos necessários.

Questão 05 – Tela Medidas:

Em sua opinião, a tela medidas no SDSC do COG, no quesito operacionalidade, melhor pode ser classificada como:

- A) () – Não atende, pois as informações não são claras e podem gerar dúvidas;
- B) () – Atende parcialmente, em função dos recursos limitados de operação;
- C) () – Atende, no entanto, possui funcionalidades não intuitivas;
- D) () – Supera as expectativas, por possuir recursos além dos necessários.

Questão 06 – Tela Sequência Partida da UG:

Em sua opinião, a tela seq. partida da UG no SDSC do COG, no quesito operacionalidade, melhor pode ser classificada como:

- A) () – Não atende, pois as informações não são claras e podem gerar dúvidas;
- B) () – Atende parcialmente, em função dos recursos limitados de operação;
- C) () – Atende, no entanto, possui funcionalidades não intuitivas;
- D) () – Supera as expectativas, por possuir recursos além dos necessários.

Questão 07 – Tela Hidrologia:

Em sua opinião, a tela hidrologia no SDSC do COG, no quesito operacionalidade, melhor pode ser classificada como:

- A) () – Não atende, pois as informações não são claras e podem gerar dúvidas;
- B) () – Atende parcialmente, em função dos recursos limitados de operação;
- C) () – Atende, no entanto, possui funcionalidades não intuitivas;
- D) () – Supera as expectativas, por possuir recursos além dos necessários.

Questão 08 – Tela Monitoramento Telecom:

Em sua opinião, a tela monitoramento telecomunicações no SDSC do COG, no quesito operacionalidade, melhor pode ser classificada como:

- A) () – Não atende, pois, as informações não são claras e podem gerar dúvidas;
- B) () – Atende parcialmente, em função dos recursos limitados de operação;
- C) () – Atende, no entanto, possui funcionalidades não intuitivas;
- D) () – Supera as expectativas, por possuir recursos além dos necessários.

Questão 09 – Incidências de alarmes:

Em sua opinião, a incidência de alarmes no SDSC do COG, no quesito operacionalidade, melhor pode ser classificada como:

- A) () – Não atende, pois as informações não são claras e podem gerar dúvidas;
- B) () – Atende parcialmente, em função dos recursos limitados de operação;
- C) () – Atende, no entanto, possui funcionalidades não intuitivas;
- D) () – Supera as expectativas, por possuir recursos além dos necessários.