

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ANÁLISE DE USABILIDADE NAS CONSOLES DE  
OPERAÇÃO DE UMA UNIDADE DE DESTILAÇÃO DE  
PETRÓLEO INSTALADA EM MANAUS**

ALFREDO ALLE ANDRADE DAVID

MANAUS  
2010

ALFREDO ALLE ANDRADE DAVID

**ANÁLISE DE USABILIDADE NAS CONSOLES DE  
OPERAÇÃO DE UMA UNIDADE DE DESTILAÇÃO DE  
PETRÓLEO INSTALADA EM MANAUS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Max Fortunato Cohen

MANAUS  
2010

**ALFREDO ALLE ANDRADE DAVID**

**ANÁLISE DE USABILIDADE NAS CONSOLES DE  
OPERAÇÃO DE UMA UNIDADE DE DESTILAÇÃO DE  
PETRÓLEO INSTALADA EM MANAUS**

*Dissertação aprovada para a obtenção do grau de mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal do Amazonas, por uma comissão formada pelos professores:*

**BANCA EXAMINADORA**

---

*Prof. Dr. Max Fortunato Cohen, Presidente  
Universidade Federal do Amazonas*

---

*Prof. Dr. Augusto César Barreto Rocha, Membro  
UFAM*

---

*Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Virginia Mansanares Giaco, Membro  
Universidade Federal do Amazonas*

**Manaus, Dezembro de 2010**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho:

Aos meus pais, Alfredo David de Moraes Filho e Diva Andrade David, por todo amor e sacrifício que tiveram e pelos princípios morais e éticos deixados como legado para a minha vida como estudante e profissional.

À Sra. Nazhira Moraes David e Des. José de Jesus Ferreira Lopes (meus tios) pelo exemplo de humildade, perseverança e bondade que sempre foram uma constante em toda a minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus, por conceder-me o bem mais precioso que existe: a vida, pois à partir dela tudo se constrói.

Ao meu orientador, Max Fortunato Cohen que com paciência, dedicação e extrema competência foi “retirando as pedras do meu caminho” o que possibilitou a realização deste trabalho.

Aos colegas de trabalho Augusto César Fernandes de Carvalho, Brend Alan da Costa e Silva, Frank Joncey de Souza Ozório, Raimundo Augusto Soares Rodrigues, Heliandro Santarém Leal, Evangelo da Fonseca de Lira, Dannyell Barros de Oliveira, aos colegas que participaram da pesquisa e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para esse trabalho e contribuem para o meu desenvolvimento profissional.

## EPÍGRAFE

O homem razoável se adapta ao mundo.  
Aquele que não é razoável persiste em querer adaptar o mundo a si próprio.  
Por isso, qualquer progresso depende do homem não razoável.

George Bernard Shaw

## RESUMO

As interfaces homem-máquina são um elemento importante do sistema de controle de unidades de processamento de petróleo. Por meio delas o pessoal de operação mantém as variáveis de processo dentro dos limites de segurança e qualidade. A usabilidade mede a facilidade com que uma interface pode ser manipulada e satisfação do usuário ao usá-la, dentre outros atributos. Este trabalho relata uma pesquisa feita cujo objetivo foi avaliar atributos de usabilidade das telas de operação de uma unidade de destilação de uma refinaria de petróleo através da medição de satisfação subjetiva e desempenho dos usuários na sua utilização. A avaliação do nível atual de usabilidade do sistema foi realizada através da aplicação de formulários padronizados para o pessoal de operação, engenharia e manutenção envolvidos no desenvolvimento e operação do sistema além de medição do desempenho na execução de tarefas. A pesquisa identificou os grupos mais afetados pela atual configuração da interface, bem como mostrou que os atributos de memorização e eficiência no uso foram aqueles com maiores possibilidades para melhorias. Também como resultado deste trabalho foram identificados alguns pontos que podem ser melhorados para aumentar o desempenho em uso e que podem aumentar a satisfação dos seus usuários. Como conclusão, a pesquisa mostrou que, para o contexto estudado, a frequência de uso influencia mais o desempenho do usuário que a experiência no uso ou o conhecimento da unidade que a interface controla. Concluiu também que mudanças em *pop-up* de controladores, posições dos botões de navegação e telas de visualização de alarmes podem melhorar o desempenho e a satisfação dos usuários.

Palavras-chave: Usabilidade; Segurança; Desempenho.

## **ABSTRACT**

The man-machine interfaces are an important element of control processing units of oil. It is through them that the operating personnel keeps the process variables within the limits of safety and quality. Usability measures the ease with which an interface can be manipulated and the satisfaction in their use among other attributes. This study aims to evaluate the operating screens's usability attributes for a distillation unit of an oil refinery by measuring interface user's performance and subjective satisfaction in it's use. The evaluation of current system's usability level was accomplished through the application of standardized forms in operating personnel, engineering and maintenance involved in developing and operating the system in addition to measuring performance in the tasks execution. The survey identified the groups most affected by the current configuration of the interface and showed that the attributes of memorization and use efficiency were those with greater potential for improvement. Also as a result of this work, was identified some points that can be improved to increase performance in use and can increase the satisfaction of its users.

**Keywords:** Usability, Security, Performance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Topologia do sistema de controle da Refinaria em estudo .....	21
Figura 2 – Antigo painel controle da Refinaria em estudo.....	22
Figura 3 – Interface homem-máquina utilizada na unidade em estudo.....	23
Figura 4 – Tela de operação da unidade de destilação estudada .....	23
Figura 5 – Excerto do QUIS .....	40
Figura 6 – Questionário SUS.....	42
Figura 7 – Modelo de medida da usabilidade segundo Nielsen .....	44
Figura 8 – Esquema simplificado de refino.....	47
Figura 9 – Organograma da refinaria .....	48
Figura 10 – Centro integrado de controle.....	50
Figura 11 – Interior do centro integrado de controle.....	51
Figura 12 – Processo de Destilação Atmosférica Convencional.....	52
Figura 13 – Fluxograma simplificado da unidade de destilação atmosférica .....	54
Figura 14 – Console de operação .....	58
Figura 15 – Console de operação .....	59
Figura 16 – Campo de alarmes .....	60
Figura 17 – Botões de navegação sequencial .....	60
Figura 18 – Botões de acesso às telas das unidades .....	61
Figura 19 – Botões de acesso às telas das áreas da unidade.....	61
Figura 20 – Botões de acesso às telas de sumário de alarmes.....	61
Figura 21 – Botões de acesso a facilidades do sistema .....	61
Figura 22 – Botões de acesso às telas de gráfico de tendência e senha, respectivamente.....	62
Figura 23 – Sala de apresentações e aplicação dos questionários. ....	73
Figura 24 – Console de operação utilizada para a medição de desempenho.....	74
Figura 25 – Questionário SUS.....	76
Figura 26 – Convergência de evidências.....	82
Figura 27 – Tela de operação antes da seleção de um <i>pop-up</i> de controlador .....	93
Figura 28 – Tela de operação após a seleção de um <i>pop-up</i> de controlador.....	94
Figura 29 – Sugestão para a representação gráfica dos controladores .....	94
Figura 30 – Tela de alarmes criada após a implantação do sistema.....	95
Figura 31 – Diferença entre botões de navegação em equipamento e tela.....	96
Figura 32 – Diferença entre botões de navegação no mesmo equipamento.....	97

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Entradas e saídas físicas e lógicas de instrumentos.....	55
Tabela 2 – Entradas e saídas físicas e lógicas de instrumentos do SIS .....	56
Tabela 3 – Correlação entre as variáveis consideradas .....	92

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Aspectos de uma atividade .....	26
Quadro 2 – Informações gerais da refinaria .....	46
Quadro 3 – Informações gerais das unidades industriais .....	47
Quadro 4 – Lotação de operadores por área por turno .....	49
Quadro 5 – Objetivos específicos e perguntas da pesquisa.....	65
Quadro 6 – Experiência dos participantes da pesquisa .....	69
Quadro 7 – Seleção de operadores .....	69
Quadro 8 – Seleção do pessoal de manutenção e engenharia .....	69
Quadro 9 – Calendário para a realização da coleta de dados de satisfação subjetiva .....	71
Quadro 10 – Calendário para a realização da coleta de dados de desempenho do usuário.....	72
Quadro 11 – Tarefas definidas para a medição de desempenho do usuário.....	78
Quadro 12 – Qualidade e quantidade das tarefas .....	80

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Causas mais frequentes de acidentes na indústria química .....	17
Gráfico 2 – Causas mais frequentes de acidentes na indústria petroquímica e refinarias .....	18
Gráfico 3 – Distribuição dos participantes por faixa de idade .....	83
Gráfico 4 – Perfil de grau de escolaridade dos participantes .....	84
Gráfico 5 – Perfil de tempo de utilização da internet.....	84
Gráfico 6 – Perfil de frequência de acesso da internet .....	85
Gráfico 7 – Tempo médio diário de acesso à internet .....	85
Gráfico 8 – Tempo de uso de e-mail .....	86
Gráfico 9 – Satisfação dos operadores de alta experiência .....	86
Gráfico 10 – Satisfação dos operadores de média experiência .....	87
Gráfico 11 – Satisfação dos operadores de média experiência .....	87
Gráfico 12 – Satisfação do pessoal de manutenção e engenharia de média experiência .....	88
Gráfico 13 – Satisfação do pessoal de manutenção e engenharia de baixa experiência .....	88
Gráfico 14 – Médias da satisfação subjetiva por experiência .....	88
Gráfico 15 – Eficácia da tarefa.....	89
Gráfico 16 – Eficiência da tarefa.....	90
Gráfico 17 – Eficiência relativa.....	90
Gráfico 18 – Desempenho dos supervisores de operação .....	91
Gráfico 19 – Comparação da eficiência dos supervisores e usuários frequentes .....	91
Gráfico 20 – Comparação da eficiência relativa dos supervisores e usuários frequentes .....	92

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABB	<i>Asea Brown Boveri</i>
ABNT	<i>Associação Brasileira de Normas Técnicas</i>
API	<i>American Petroleum Institute</i>
CLP	<i>Controlador Lógico Programável</i>
EEMUA	<i>The Engineering and Materials Users' Association</i>
ENV	<i>Environmental</i>
GPI	<i>General Purpose Interface</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IHM	<i>Interface Homem-Máquina</i>
ISO	<i>International Organization of Standardization</i>
MUSiC	<i>Measuring Usability of System in Context</i>
OCMA	<i>Oil Company and Material Association</i>
PI	<i>Plant Information</i>
QUIS	<i>Questionnaire for User Interaction Satisfaction</i>
SCMD	<i>Sistema de Controle e Monitoração à Distância</i>
SDCD	<i>Sistema Digital de Controle Distribuído</i>
SIL	<i>Safety Integrity Level</i>
SIS	<i>Sistema Instrumentado de Segurança</i>
SUMI	<i>Software Usability Measurement Inventory</i>

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E IMPORTÂNCIA DESTE TRABALHO .....	17
1.2 OBJETIVOS .....	19
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>20</b>
2.1 O CONTROLE DE PROCESSO .....	20
2.2 INTERFACES HOMEM-MÁQUINA .....	22
2.2.1 Interações .....	24
2.2.2 Fatores humanos .....	25
2.2.3 Teoria da ação.....	25
2.2.4 Modelos mentais.....	27
2.3 USABILIDADE .....	27
2.3.1 Sistemas críticos.....	27
2.3.2 O conceito de usabilidade .....	28
2.3.3 Métricas para a avaliação da usabilidade.....	28
2.3.3.1 Critérios segundo Shackel (1986).....	28
2.3.3.2 Critérios segundo Jordan (1998).....	29
2.3.3.3 Critérios segundo Shneiderman (1998).....	29
2.3.3.4 Critério segundo Nielsen (1991).....	30
2.3.3.5 Critérios segundo Bastien e Scapin (1991).....	30
2.3.3.6 Critérios segundo Quesenbery (2001).....	31
2.3.4 A associação de usuários de engenharia, equipamentos e serviços - EEMUA .....	31
2.3.5 Métodos de avaliação de usabilidade .....	33
2.3.5.1. Avaliação Heurística.....	34
2.3.5.2 Avaliação baseada em <i>Guidelines</i> .....	35
2.3.5.3 Comparação entre interfaces .....	35
2.3.5.4 <i>Walkthrough</i> cognitivo .....	36
2.3.6 A usabilidade segundo as normas .....	37
2.3.6.1. Critérios segundo a ISO 9126 (ISO, 2001).....	37
2.3.6.2 Critérios segundo a ISO 9241-11 (ISO, 1998) .....	37
2.4 MÉTRICAS PARA MEDIÇÃO DE USABILIDADE.....	38
2.4.1 Medidas de satisfação subjetiva.....	38
2.4.1.1 O <i>Questionnaire for User Interaction Satisfaction</i> - QUIS.....	39
2.4.1.2 O <i>Software Usability Measurement Inventory</i> - SUMI.....	40
2.4.1.3. O <i>System Usability Scale</i> – SUS.....	41
2.4.2 Medida de desempenho em uso .....	43
2.4.2.1 O projeto MUSiC .....	44
<b>3 O CONTEXTO E O OBJETO DO ESTUDO.....</b>	<b>46</b>
3.1 A REFINARIA DE PETRÓLEO .....	46
3.1.1 A gerência pesquisada.....	48
3.1.2 O centro integrado de controle (CIC).....	50
3.2 A UNIDADE DE DESTILAÇÃO ATMOSFÉRICA .....	51
3.3 O OBJETO DO ESTUDO .....	56
3.3.1 O Campo de alarmes .....	60
3.3.2 Os Botões de navegação.....	60
<b>4 MÉTODOS E DADOS .....</b>	<b>63</b>
4.1 O LOCAL DO ESTUDO .....	63
4.2 O TIPO DE PESQUISA.....	63

4.3 DO MÉTODO EMPREGADO .....	65
4.3.1 Critérios de qualidade da pesquisa .....	66
4.3.2 Protocolo para o estudo de caso .....	66
4.3.2.1 Visão geral do projeto .....	67
4.3.2.2 Procedimentos de campo .....	67
4.3.2.2.1 Seleção dos participantes e critério de experiência no uso.....	67
4.3.2.2.2 Planejamento da coleta de dados .....	70
4.3.2.2.3 Preparação dos locais para o <i>briefing</i> , resposta aos questionários e medição de desempenho .....	73
4.3.2.3 Questões do estudo de caso .....	74
4.4 COLETA DE DADOS.....	75
4.4.1 Coleta de dados para avaliação de satisfação subjetiva .....	75
4.4.2 Coleta de dados para avaliação de desempenho do usuário .....	77
4.4.2.1 Definição das métricas para a medida de desempenho dos usuários .....	77
4.4.2.2 Eficácia da tarefa .....	79
4.4.2.3 Eficiência temporal.....	81
4.4.2.4 Eficiência relativa.....	81
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>82</b>
5.1 PERFIL DO USUÁRIO .....	83
5.2 SATISFAÇÃO SUBJETIVA.....	86
5.3 DESEMPENHO DO USUÁRIO .....	89
5.4 RESULTADOS OBTIDOS COM A OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE .....	93
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>98</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>101</b>
<b>APÊNDICE A – CARTA AOS PARTICIPANTES .....</b>	<b>105</b>
<b>APÊNDICE B – APRESENTAÇÃO AOS PARTICIPANTES.....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO A – QUESTIONÁRIO DE PERFIL DO USUÁRIO.....</b>	<b>108</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as indústrias químicas e petroquímicas usam computadores para o controle de seus processos. A automação dos processos torna possível a retirada de pessoas de atividades insalubres, ao mesmo tempo em que permite a concentração do controle de várias plantas em um único local, bem como possibilita que um único operador controle várias áreas de uma planta ou até mesmo várias plantas de processo.

Entretanto, a automação, a despeito das vantagens, exige operadores cada vez mais especializados e, dependendo da configuração do sistema e da interface homem-máquina utilizada, impõe uma excessiva sobrecarga mental na operação desses sistemas. Mesmo assim, o maior volume de investimento concentra-se em *hardware* o que provoca uma defasagem perigosa entre a evolução das ferramentas *hardware* e *software* e a capacidade fisiológica do pessoal de operação para gerenciar o volume de informações disponibilizadas por estes sistemas.

Na indústria petroquímica, praticamente todos os sistemas são críticos e erros operacionais não contidos, via de regra, resultam em perdas financeiras elevadas, danos ao meio-ambiente ou perdas de vidas humanas IEC 61508 (1997) e ENV 50129 (CENELEC, 1998).

Projetos executados muitas vezes pelo fabricante dos equipamentos, sem o acompanhamento adequado pelo pessoal de engenharia da unidade e que tendem a não considerar aspectos como as melhores práticas de engenharia de software, as particularidades da unidade e a cultura local de seus operadores acentuam as deficiências e aumentam as chances de problemas ocorrerem.

Em um processo automatizado, a segurança e eficiência do controle, dentre outros fatores, dependem da qualidade da interface homem-máquina (IHM) e sua acessibilidade (PRESSMAN, 1995). É através dela que os operadores visualizam e controlam as variáveis necessárias ao processo produtivo, detectam situações anormais potencialmente perigosas e tomam as ações de controle necessárias.

A norma NBR ISO/IEC 9126-1 (2001) define a usabilidade como um dos requisitos de qualidade de um *software*. Segundo esta norma, usabilidade é a capacidade de ele ser aprendido, operado e ser atraente ao usuário quando usado sob determinadas condições.

No contexto desta pesquisa, uma interface bem projetada, aumenta a eficiência, a eficácia e conseqüentemente a segurança das operações. Informações precisas, bem dimensionadas à capacidade da percepção humana e cujas telas obedecem a uma hierarquia

lógica e de fácil navegação diminuem acentuadamente a taxa de erro nas operações e as chances destes erros evoluírem para um acidente.

A norma NBR ISO 9241 define a usabilidade como a capacidade que um sistema interativo possui, em determinado contexto, de possibilitar ao usuário a realização de tarefas de maneira eficiente, eficaz e agradável. Esta pesquisa investiga o grau de cumprimento destes atributos para a interface homem-máquina do sistema de controle das variáveis de processo de uma unidade de destilação atmosférica de petróleo

### 1.1 Descrição do problema e importância deste trabalho

Em Refinarias de petróleo automatizadas, os sistemas de controle constituem-se na ferramenta através da qual as variáveis de processo são mantidas dentro dos limites de projeto e também é garantida a especificação dos produtos.

Igualmente importante é a garantia de que estas variáveis não ultrapassem os limites de segurança estabelecidos pelos fabricantes dos equipamentos. Estas situações anormais constituem-se em situações potencialmente perigosas nas quais a rápida identificação do problema e a tomada de ações mitigadoras são os meios de evitar um acidente.

Um estudo de 190 acidentes em instalações químicas revelou as quatro causas mais frequentes desses acidentes conforme Gráfico 1. Outro estudo realizado em refinarias e petroquímicas revelou as causas mais frequentes de acidentes conforme mostrado no Gráfico 2 (API 770, 2001).

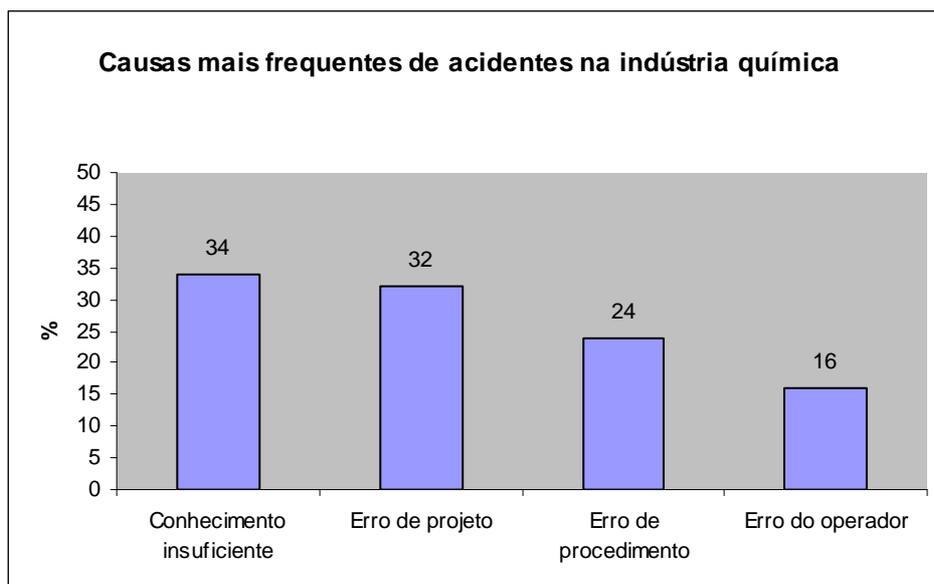


Gráfico 1 – Causas mais frequentes de acidentes na indústria química  
Fonte: API 770, 2001

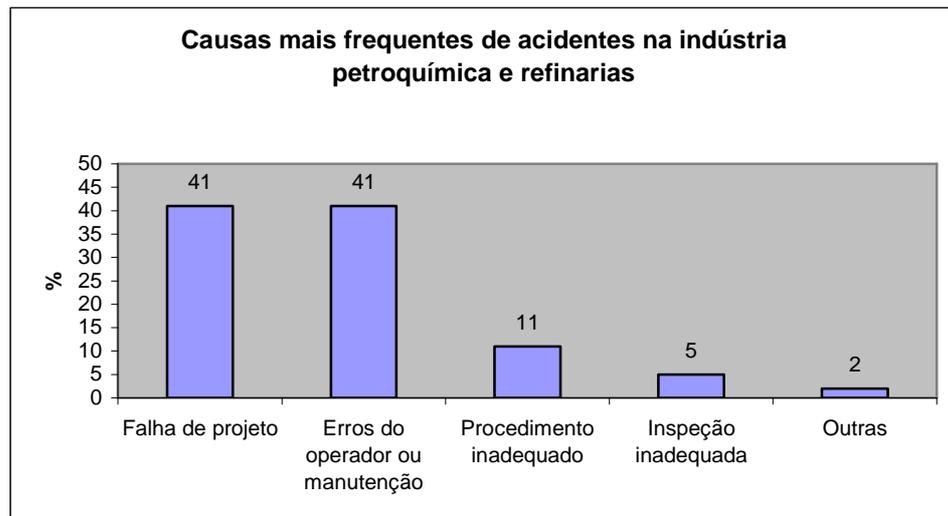


Gráfico 2 – Causas mais frequentes de acidentes na indústria petroquímica e refinarias  
Fonte: API 770, 2001

Conforme se observa nos gráficos, os erros de projeto e erros de operadores do sistema constituem-se em causas significativas dos acidentes em indústrias químicas e petroquímicas como a unidade de destilação tratada nesta pesquisa.

O erro humano é definido como qualquer ação humana (ou falta da mesma ação) que exceda as tolerâncias definidas pelo sistema com o qual interage. O ser humano é interativo e adaptável e, como resultado desta interação, o erro humano é inevitável devido à variabilidade humana em suas interações com os sistemas (API 770, 2001).

Ainda segundo o API 770 (2001), a consciência sobre os insumos que o ser humano recebe do sistema com o qual interage é afetado pelo modelo mental do indivíduo e suas expectativas bem como suas próprias respostas afetam a habilidade em perceber novas informações.

Um projeto bem sucedido de uma interface homem-máquina passa pelo conhecimento de como as pessoas fazem as coisas. Este é o fundamento da teoria da ação que será detalhada mais adiante neste trabalho (NORMAN, 1986).

Para minimizar os erros humanos deve-se assegurar que a interface homem-máquina, que inclui interações com outros trabalhadores, com equipamento e meio ambiente, é compatível com as capacidades, limitações e necessidades do operador. Os fatores que afetam o desempenho humano são classificados, conforme o API 770 (2001), em internos, externos e fatores de *stress*.

A usabilidade é abordada neste trabalho como uma das ferramentas que tornam um ambiente de interação homem-máquina mais seguro na medida em que seus atributos estejam presentes e utilizados de maneira equilibrada em um produto (EEMUA 201, 2002).

Este trabalho justifica-se porque uma interface homem-máquina onde estejam presentes os atributos de usabilidade de maneira bem equilibrada pode minimizar problemas como a excessiva carga mental de trabalho, erros não contidos, demora na contenção de situações anormais no processo as quais podem evoluir para prejuízos de várias formas:

- a. Operação de equipamentos fora dos parâmetros de projeto com o consequente aumento da taxa de falha e redução de vida útil;
- b. Acidentes industriais com danos a equipamentos e lucro cessante;
- c. Perdas de vidas humanas.

Com base no cenário descrito, este trabalho se dedicou a esclarecer a seguinte questão de pesquisa: como a atual configuração da interface homem-máquina afeta a usabilidade das telas de operação da unidade de destilação?

## **1.2 Objetivos**

Este trabalho propõe como objetivo geral avaliar os atributos de usabilidade nas telas de operação das consoles de uma unidade de destilação atmosférica de petróleo situada em Manaus. Como objetivos específicos, alinhados às perguntas de pesquisa, propõem-se os seguintes:

- a. Identificar na literatura os padrões atualmente usados para a avaliação da usabilidade de interfaces homem-máquina;
- b. Realizar a avaliação de satisfação subjetiva e medir o desempenho dos usuários da interface homem-máquina;
- c. Identificar oportunidades de melhorias que diminua a carga mental de trabalho, a probabilidade de erro e aumentem a segurança nas operações;
- d. Sugerir para a organização melhorias nas telas desta unidade.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta o resultado da pesquisa acerca da usabilidade. Através da pesquisa bibliográfica, buscou-se selecionar os trabalhos mais recentes sobre o tema usabilidade bem como esclarecer os tópicos relacionados aos tipos de interface homem-máquina e o processo de interação que ocorrem durante o uso das mesmas.

Também será abordada nesta seção uma visão geral de como estão estruturados os sistemas de controle de processo normalmente utilizados na indústria petroquímica que é o foco desta pesquisa.

### 2.1 O controle de processo

O sistema de controle das variáveis de processo da unidade em estudo pode ser decomposto para fins didáticos em quatro níveis enumerados do mais básico ao mais complexo (ANDRADE *et al*, 2009):

1. Controle regulatório: que é composto pela instrumentação de campo e controladores responsáveis pela monitoração e controle das variáveis de processo (pressão, vazão, temperatura, nível dentre outras);
2. Controle supervisório: é responsável pela centralização das informações das diversas plantas de uma unidade. Esta função, dependendo do tamanho da planta, é desenvolvida por controladores lógicos programáveis (CLP), sistemas digitais de controle distribuído (SDCD) ou outro *hardware* dedicado. Também é parte deste sistema um *software* de supervisão que é responsável pela interface homem-máquina (IHM), objeto desta pesquisa;
3. Otimização: é um estágio acima da supervisão. Neste estágio, as variáveis da planta já estão controladas, supervisionadas e sintonizadas e, portanto, a otimização busca maximizar os lucros na unidade. Geralmente é realizada através de *softwares* dedicados que fazem interface com o sistema supervisório (otimizadores ou algoritmos de controle multivariável) que trabalham buscando diminuir as restrições operacionais e elevando o nível de severidade na operação;
4. Gerenciamento: neste nível, objetivo de controle não é mais baseado em metas fixas de otimização e sim nas variações impostas pelo mercado (preços, logística e etc).

Na unidade objeto deste estudo, o nível de controle atual é o controle otimizado. Nesta unidade os controles regulatório e supervisório são realizados através dos seguintes sistemas (Figura 1):

1. Sistema Digital de Controle Distribuído: centraliza todas as informações da instrumentação de campo bem como dos subsistemas. É responsável pela interface com equipamentos periféricos e disponibiliza as informações ao operador através da IHM e a um banco de dados dedicado ao registro histórico de variáveis *Plant Information*<sup>TM</sup> (PI) através de uma interface de comunicação serial de dados de propósito geral (*GPI*);
2. Sistema de Controle e Monitoração à Distância (SCMD): cuja função é semelhante ao SDCD, porém aplicado a variáveis elétricas;
3. Controladores lógico-programáveis: controlam os sistemas auxiliares e comunicam-se com o SDCD também através de um *GPI*;
4. Interfaces Homem-Máquina: também chamadas de console de operação, são computadores conectados ao sistema de controle, através das quais os operadores monitoram as variáveis e enviam comando aos equipamentos de campo. Estes equipamentos, por ser o elo entre o operador e o processo, são de extrema importância para a operação da planta industrial.

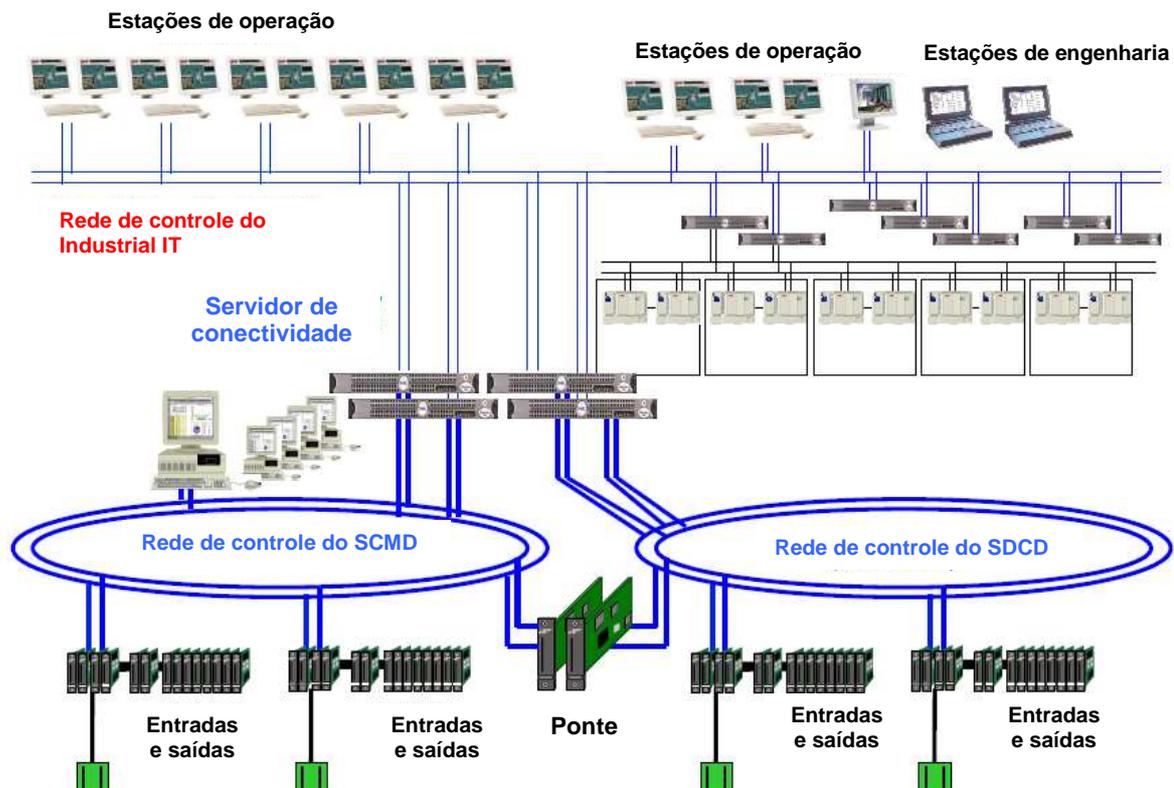


Figura 1 – Topologia do sistema de controle da Refinaria em estudo  
 Fonte: empresa ABB fabricante do sistema, 2005

Neste trabalho foi enfocada uma parte do sistema mostrado na Figura 1 dedicado ao controle da Unidade de Destilação Atmosférica objeto deste estudo.

## 2.2 Interfaces homem-máquina

Em sistemas de controle de processo baseados em computadores, a interface homem-máquina (IHM) é o meio pelo qual o operador interage com o sistema recebendo informações das variáveis de processo, enviando comandos para o ajuste destas ou para corrigir situações anormais.

É a parte de um sistema computacional com a qual uma pessoa entra em contato (interage) física e perceptualmente (MORAN, 1981).

O que diferencia as interfaces de sistemas computacionais e máquinas convencionais é o maior esforço cognitivo exigido nas tarefas de interpretação e das informações que o sistema processa (NORMAN, 1986).

Inicialmente, as salas de controle de processo, ambiente alvo deste estudo, eram dotadas de interfaces rústicas formadas de grandes painéis de registradores de carta, indicadores analógicos, painéis de alarme e chaves. Este tipo de dispositivo é mostrado na Figura 2 e fazia parte do sistema de controle da unidade em estudo antes da implantação do sistema de controle baseado em computador.



Figura 2 – Antigo painel controle da Refinaria em estudo  
Fonte: arquivos da Gerência de Comunicação da empresa, 1994

A implantação do Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD), ocorrida no ano de 1996, permitiu a eliminação desses grandes painéis analógicos e a concentração do controle e monitoração de todas as variáveis do processo em telas de computador (Figura 3).

Esta mudança trouxe consigo o desafio de organizar uma grande quantidade de informação proveniente da instrumentação de campo em telas de computador (Figura 4).



Figura 3 – Interface homem-máquina utilizada na unidade em estudo  
Fonte: arquivos da Gerencia de Otimização da empresa, 2007

O projeto de uma interface homem-máquina pode determinar o seu sucesso ou fracasso junto aos usuários (PRESSMAN, 1995). No caso deste estudo este fracasso pode significar um desastre de grandes proporções.

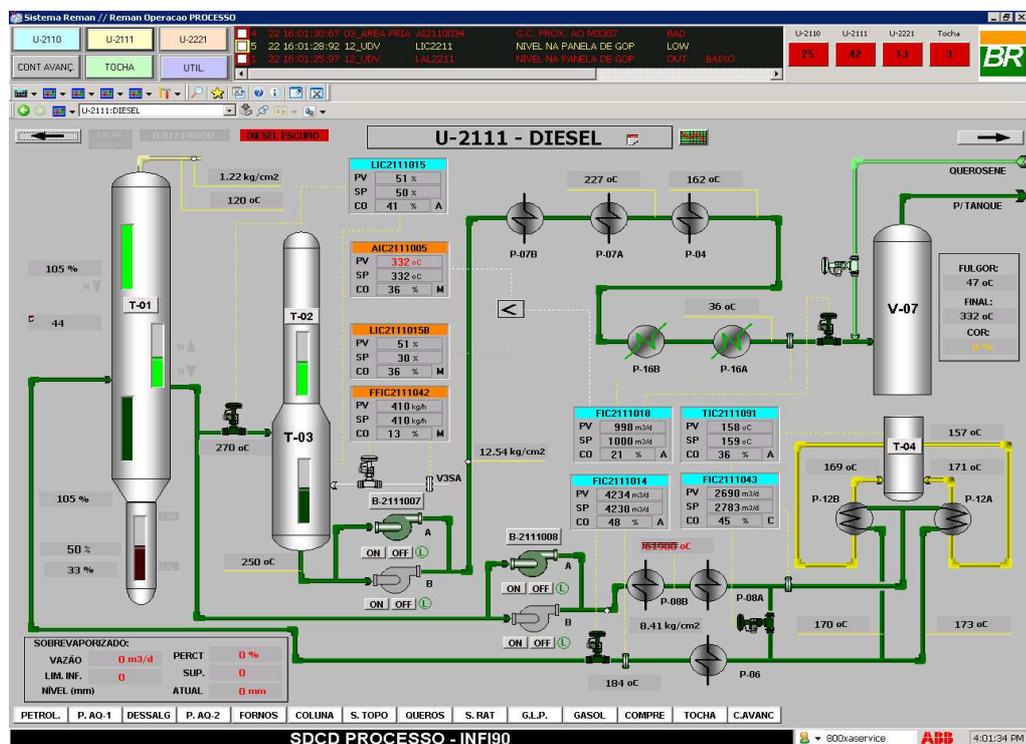


Figura 4 – Tela de operação da unidade de destilação estudada  
Fonte: sistema 800XA – ABB

A Figura 4 mostra uma das telas da interface estudada neste trabalho e o conjunto de variáveis disponibilizadas ao operador. Mais adiante neste trabalho serão detalhadas as funcionalidades e recursos disponíveis nestas telas.

### 2.2.1 Interações

O projeto de sistemas computacionais que interagem com seres humanos requer a compreensão de fatores diversos e complexos como a ciência da computação, psicologia, técnicas de gerenciamento de projeto, sociologia e antropologia. Nestas duas últimas destacam-se a compreensão dos mecanismos como ocorrem as interações entre computador e indivíduo e suas influências no desempenho humano.

Interação é um processo de comunicação entre pessoas e sistemas interativos (PREECE *et al.*, 2003). A interação humano-computador estuda o projeto, a implementação e avaliação de sistemas computacionais cuja utilização envolve interação com humanos e os fenômenos decorrentes desta interação (HEWETT *et al.*, 1992). Os estilos de interação (formas disponíveis para os usuários trocarem informações com os sistemas) podem ser divididas em: gráficas e não-gráficas. Na classe das interfaces gráficas estão os seguintes principais estilos (CYBIS *et al.*, 2007. p. 49 a 99):

1. **WYSIWYG (*What You See Is What You Get*)**: que em português significa “o que se vê é o que se recebe”. Neste tipo a imagem de manipulação é a mesma que a aplicação cria. Ex: editores de texto;
2. **Manipulação Direta**: o usuário interage diretamente nos objetos utilizando mouse ou outro dispositivo similar. Ex: jogos, Windows Explorer etc;
3. **WIMP (*Windows, Icons, Menus and Pointers*) ou janelas, ícones, menus e ponteiros**: interação com o usuário através de componentes virtuais chamados *Widgets*. Ex: Windows;
4. **Interfaces industriais**: representação virtual do mundo real. Usuário interage com um modelo da realidade. Representação limitada pela capacidade do display.

Na classe das interfaces não gráficas estão as seguintes:

1. **Menus**: conjunto de opções apresentadas na tela no qual a seleção de alguma das opções disponíveis causa uma mudança no estado da interface. As opções são apresentadas de forma hierárquica de duas maneiras diferentes (*pull-down e pop-up*);

2. **Linguagens de comando:** permitem ao usuário a possibilidade de enviar instruções diretamente ao sistema através de comandos específicos (PREECE, 1994);
3. **Linguagem natural:** a interação com o usuário é feita através da digitação de frase. Indicada para usuários com pouca ou nenhuma habilidade em computação;
4. **Formulários:** utilizada principalmente para entrada de dados em sistemas de informação.

### 2.2.2 Fatores humanos

Quando tratamos de sistemas interativos baseados em *software*, a expressão “fatores humanos” assume uma diversidade de significados. A compreensão dos fatores humanos envolve o entendimento entre outros fatores (PRESSMAN, 1995 p. 602 a 603):

1. Percepção visual, psicologia cognitiva de leitura, memória humana e raciocínio dedutivo e indutivo;
2. O usuário e seu comportamento;
3. As tarefas que o sistema baseado em software executa para o usuário e as que o sistema demanda do usuário como parte da interação.

Ainda segundo Pressman (1995) a interface é o instrumento através do qual se estabelece o diálogo entre o ser humano e o computador e que por esta razão a consideração dos fatores humanos no projeto de uma interface é importante.

### 2.2.3 Teoria da ação

Todas as tarefas executadas por um usuário através de uma interface, até mesmo aquelas mais simples, envolvem um grande número de aspectos os quais devem ser bem compreendidos e considerados em um projeto de interface. São esses aspectos que são descritos em PRESSMAN (1995) e NORMAN (1986).

Um projeto bem sucedido de uma interface passa pelo conhecimento de como as pessoas fazem as coisas. Este é o fundamento da teoria da ação sintetizado no Quadro 1 a seguir (NORMAN, 1986, p.37 *apud* PRESSMAN 1995, p. 614 e 615).

ASPECTO	DESCRIÇÃO
Objetivos e intenções	Um objetivo é o estado que a pessoa deseja alcançar; uma intenção é a decisão de agir para atingir o objetivo.
Especificação da seqüência da ação	Processo psicológico que determina a representação psicológica das ações que serão executadas pelo usuário, sobre os mecanismos do sistema.
Mapeamento dos objetivos psicológicos e intenções para a seqüência de ação	Para explicar a seqüência de ação, o usuário deve traduzir os objetivos psicológicos e as intenções para o estado do sistema desejado; determinar que posições dos mecanismos de controle irão produzir aquele estado e então, determinar quais manipulações físicas dos mecanismos são requeridas. O resultado é a especificação mental das ações que serão executadas.
Estado físico do sistema	O estado físico do sistema, determinado pelos valores de todas suas variáveis físicas.
Mecanismos de controle	Os dispositivos físicos que controlam as variáveis físicas.
Mapeamento entre os mecanismos de controle e o estado do sistema	O relacionamento entre a posição dos mecanismos do sistema e o estado do sistema.
Interpretação do estado do sistema	O relacionamento entre o estado físico do sistema e os objetivos psicológicos do usuário são determinados pela tradução do estado físico em estado psicológico (percepção) e então, pela interpretação do estado do sistema percebido, em termos de variáveis psicológicas de interesse.
Avaliação dos resultados	Avaliação do estado do sistema requer a comparação da interpretação do estado do sistema percebido com os objetivos desejados. Isto geralmente conduz a um novo conjunto de objetivos e intenções.

Quadro 1 – Aspectos de uma atividade  
 Fonte: Norman (1986, p.37)

Segundo a teoria da ação, na interação usuário-computador, os objetivos são expressos em termos psicológicos, e os mecanismos e estados do sistema em termos físicos. As diferenças entre as variáveis físicas e psicológicas devem ser consideradas em todo o ciclo de vida do projeto dos sistemas. Norman (1986) define a seguinte abordagem para o processo de execução e avaliação de uma ação, resumindo-a em sete estágios:

1. Estabelecimento do objetivo;
2. Formação de intenção;
3. Especificação da seqüência de ação;
4. Execução da ação;
5. Percepção do estado do sistema;
6. Interpretação do estado do sistema;
7. Avaliação do estado do sistema em relação aos objetivos e intenções.

Esses estágios de atividades não são necessariamente executados nesta ordem como uma simples seqüência, alguns podem não ser executados e outros podem aparecer fora desta seqüência o que aumenta a complexidade do processo (NORMAN, 1986).

## 2.2.4 Modelos mentais

Outro aspecto a ser levado em conta ao se estudar as interações humano-computador diz respeito aos modelos mentais. Este termo não está relacionado à compreensão da mente humana e sim dos modelos criados pela mente humana para os sistemas com os quais ela vai interagir.

Para Pressman (1995), quatro diferentes modelos mentais de sistema devem ser considerados, quando se pretende projetar uma interface homem-máquina para o mesmo:

1. O especialista em *software* cria o modelo do projeto;
2. O especialista em fatores humanos cria o modelo do usuário;
3. O usuário cria uma imagem mental que é chamada de modelo do usuário ou percepção do sistema;
4. O implementador do sistema cria a imagem do sistema.

Para dificultar, cada modelo pode ser muito diferente um do outro. Um bom projeto de interface deve reconciliar tais diferenças e gerar uma representação consistente da interface. Assim, um projeto de interface, para ser bem aceito e ser usável, deve considerar os aspectos técnicos (software e hardware) e os aspectos relacionados ao ser humano (PRESSMAN, 1995).

## 2.3 Usabilidade

Nesta seção será detalhado o conceito de usabilidade, serão descritos os atributos considerados para a avaliação da usabilidade segundo os principais autores. Também serão abordadas as principais normas que tratam do tema e as métricas existentes para a sua avaliação.

### 2.3.1 Sistemas críticos

Williamson (1997) define como aplicações críticas aquelas nas quais um erro pode evoluir para acidentes com severos danos materiais, ambientais ou por em risco a vida humana (operadores, comunidade, clientes).

A normas IEC 61508 (1997) e ENV 50129 (CENELEC, 1998) determinam a relação entre uma aplicação crítica e o Nível de Integridade de Segurança – SIL (*Safety Integrity Level*) requerido para esta aplicação. Geralmente os sistemas críticos requerem a utilização de sistemas redundantes de controle e intertravamento de segurança.

### 2.3.2 O conceito de usabilidade

O termo usabilidade refere-se à facilidade de uso de um produto em geral, porém no contexto da pesquisa proposta o conceito de usabilidade deve ser estendido ao uso eficiente, eficaz e agradável da IHM.

Existe na literatura uma grande variedade de conceitos e propostas para a avaliação da usabilidade de sistema baseadas em questionários, listas de verificação, ensaios de interação ou sistemas de monitoramento (CYBIS, 2001).

É um “conjunto de atributos relacionados ao esforço necessário para seu uso e para o julgamento individual para determinado conjunto de usuários” (ISO 9126-1). Ou seja, a facilidade de manuseio e aprendizado deve ser um atributo de qualidade do *software* e sua interface com os usuários.

A NBR 9241-11 (ABNT, 2002) define a usabilidade como uma característica importante a ser usada no projeto de um novo produto pois, dela depende a eficácia, efetividade e satisfação do usuário ao usar este produto.

Segundo Pressman (1995, p. 71), “a conhecida expressão *user friendliness* (amigável ao usuário) tornou-se onipresente em discussões sobre produtos de software. Se um programa não for *user friendly*, freqüentemente estará destinado ao fracasso, mesmo que as funções que ele execute sejam valiosas”. Este autor define a usabilidade como fator crítico de sucesso para qualquer *software*.

### 2.3.3 Métricas para a avaliação da usabilidade

Existe hoje na literatura uma variedade de métricas para a avaliação e combinações destas métricas também são utilizadas. A seguir são descritas algumas das mais utilizadas.

Na seção 4 desta trabalho serão detalhadas as métricas selecionadas e os motivos para as suas escolhas.

#### 2.3.3.1 Critérios segundo Shackel (1986)

Conforme Shackel (1986), a usabilidade é um recurso através do qual o usuário constrói sua percepção em relação ao produto. Segundo ele, são quatro os critérios de avaliação usabilidade os quais devem se inter relacionar de maneira harmônica:

**Eficácia:** avalia o desempenho na realização de uma tarefa de um usuário ou a um ambiente específico.

**Aprendizagem:** relaciona o tempo de treinamento e reaprendizagem com relação à frequência de uso e desempenho no período que compreende desde a instalação até o início do uso do produto.

**Flexibilidade:** avalia a facilidade para customização, ou seja, a adaptação a tarefas além daquelas presentes na especificação original.

**Atitude:** analisa o desempenho relacionando o conforto ou satisfação do usuário aos limites de desgaste, fadiga, desconforto, frustração e esforço pessoal.

### 2.3.3.2 Critérios segundo Jordan (1998)

Para Jordan (1998) a usabilidade deve ser avaliada de acordo com os seguintes critérios:

**Aprendizagem:** é o esforço do usuário para atingir um determinado nível de competência na realização de uma tarefa, excluindo as dificuldades encontradas para realizá-la pela primeira vez.

**Desempenho do usuário experiente:** é o nível conseguido por determinado usuário após realizar muitas vezes determinadas tarefas com um produto.

**Potencial do sistema:** corresponde o nível máximo de desempenho que pode ser atingido pelo usuário que realiza uma determinada tarefa com um produto.

**Re-usabilidade:** indica uma potencial queda no desempenho do usuário após um período sem utilizar o sistema ou realizar determinada tarefa.

### 2.3.3.3 Critérios segundo Shneiderman (1998)

Em Shneiderman (1998) são descritos cinco fatores para avaliação da usabilidade e qualidade de uma interface:

**Tempo de aprendizagem:** tempo que um usuário iniciante leva para aprender a executar os comandos com objetivo de executar determinada tarefa.

**Velocidade de realização:** tempo requerido para a conclusão de uma tarefa.

**Taxa de erros do usuário:** número e tipo de erros cometidos pelos usuários.

**Retenção ao longo do tempo:** maneira como os usuários utilizam o sistema após um período sem uso (horas, dias ou semanas). Esta medida está relacionada com o tempo de aprendizagem e com a frequência de utilização.

**Satisfação Subjetiva:** grau de satisfação do usuário ao utilizar as ferramentas do sistema.

#### 2.3.3.4 Critério segundo Nielsen (1991)

Nielsen (1991) definiu cinco atributos para avaliar a usabilidade:

**Facilidade de aprender:** O sistema deve ser fácil de aprender através de uma interface simples para minimizar a dificuldade e aumentar a velocidade de execução das tarefas.

**Eficiência de uso:** O sistema deve permitir que o usuário conclua a tarefa a que se propôs sem erro ou atrasos maximizando a produtividade.

**Memorização:** As funcionalidades do sistema devem ser facilmente memorizadas mesmo após período prolongado sem uso diminuindo a necessidade de reciclagem.

**Poucos Erros:** O sistema deve produzir poucos erros e a ocorrência de eventuais erros não deve causar danos significativos ao sistema (fácil e rápido de serem resolvidos pelo usuário).

**Satisfação:** É a impressão que o sistema causa ao usuário. Deve ser atraente e agradável ao ser utilizado.

#### 2.3.3.5 Critérios segundo Bastien e Scapin (1991)

Bastien e Scapin (1991) desenvolveram critérios ergonômicos para a construção de interfaces de sistemas. Os autores definem como critérios principais os seguintes:

**Condução:** é a qualidade do *software* em conduzir o usuário através da interface e do uso do sistema, utilizando dicas, informações e respostas simples aos comandos do usuário.

**Carga de Trabalho:** refere-se à minimização das solicitações de ações do usuário para executar uma tarefa. Quanto menor o número de etapas, melhor a memorização e redução da possibilidade de erros.

**Controle Explícito:** mede o grau de controle do usuário sobre o sistema. Se o processamento do sistema for transparente ao usuário e este terá maior controle sobre o sistema.

**Adaptabilidade:** é o atributo de um *software* em se comportar conforme as necessidades e preferências do usuário. A interface de software deve ser coerente com o contexto.

**Gestão de Erros:** é o conjunto ferramentas disponibilizadas pelo sistema com o objetivo de prevenir e reduzir erros causados pelo *software*, além de facilitar sua recuperação quando os mesmos ocorrerem.

**Consistência:** é a coerência na forma de apresentação dos aspectos de interface, mantendo-se aspectos semelhantes no mesmo contexto semelhantes e aspectos diferentes em contextos diferentes.

**Significância do código:** é a clareza na forma como são apresentados os códigos e denominações respeitando-se a relação semântica forte entre estes códigos e as ações a que se referem.

**Compatibilidade:** É relação entre as características de seus usuários (idade, expectativas) e as tarefas, saídas e entradas do sistema.

#### 2.3.3.6 Critérios segundo Quesenbery (2001)

Quesenbery (2001) apresenta as cinco características da usabilidade (efetivo, eficiente, atraente, tolerante ao erro, fácil de aprender) conforme descrito a seguir:

**Eficiência:** Relativo ao tempo despendido pelo usuário para realizar determinada tarefa.

**Eficácia:** Relativo à como as tarefas foram concluídas, e com que frequência elas produzem erros.

**Atração:** Mede o grau de satisfação do usuário em relação ao software (conforto e satisfação na utilização).

**Tolerância a erros:** Mede a taxa de erros gerados pelo sistema, a forma como são apresentados ao usuário e a facilidade de resolvê-los.

**Facilidade de aprender:** Mede a facilidade de uso em relação ao grau de experiência dos usuários.

Além dos autores citados, existem algumas instituições que se dedica a estudar o tema usabilidade. A seguir será destacada uma associação voltada à indústria petroquímica e uma publicação desta associação que trata de usabilidade especificamente voltada para interfaces homem-máquina destinadas ao controle de processos petroquímicos.

#### 2.3.4 A associação de usuários de engenharia, equipamentos e serviços - EEMUA

A EEMUA é uma associação formada em 1981 pela união da Associação das companhias Materiais e Petróleo (OCMA) e da Associação dos Usuários de Equipamentos e Engenharia (EEUA). É uma organização de compradores e de usuários substanciais dos

produtos da engenharia, cujos membros incluem companhias nacionais e multinacionais na área de gás, petróleo, indústrias químicas e de energia e prestadores de serviço na área de engenharia que prestam serviços para estas companhias. A EEMUA preocupa-se com o projeto, a instalação, a operação e a manutenção de plantas industriais de seus membros ajudando-os a perseguir seus objetivos estratégicos.

O alvo da associação é reduzir custos de seus membros, através do fornecimento de conhecimento tecnológico na área de engenharia de forma a melhorar a eficiência e eficácia de seus processos. A EEMUA apóia a *British Standards Institution* e trabalha com outras instituições, associações, departamentos governamentais, autoridades reguladoras e a Confederação Britânica das Industrias e é envolvida ativamente com outros órgão de padronização como o Instituto Americano de Petróleo (API).

Esta instituição trabalha com seus membros e com a ajuda de outras organizações na condução de publicações. Estas publicações são destinadas primeiramente para o uso de seus membros, porém usualmente são oferecidos para compra e uso geral. Também servem, normalmente, através da *British Standards Institution*, como base para a elaboração de padrões nacionais, europeus ou internacionais.

A publicação 201 (2002) - *Process Plant Control Desks Utilising Human-Computer interfaces* aborda interfaces homem-computador (IHM) de sistemas desenvolvidos para a operação de plantas industriais como químicas, refinarias, geração de energia entre outras. Os fatores recomendados a serem considerados no projeto de uma IHM são:

1. Hierarquias das telas de operação;
2. Projeto do layout das telas;
3. Projeto da sala de controle.

O objetivo é ajudar engenheiros a desenvolver sistemas com IHM que sejam mais fáceis de usar, aumentando a segurança e o lucro na operação de sistemas industriais. Também se espera reduzir a necessidade de reengenharia dos sistemas após a instalação.

Sistemas de interfaces homem-máquina constituem-se de um componente importante na operação de plantas industriais automatizados. Elas são utilizadas em larga escala nas indústrias química, petroquímicas, geração de energia elétrica, nuclear e em outras áreas, como a aviação. Constituem no meio pelo qual os operadores obtêm informações das variáveis de uma planta, enviam parâmetros de controle e que qualquer controle automático pode ser cancelado para que o operador recupere o controle manual da planta.

O propósito da publicação é ajudar a todos os envolvidos em projeto de sistemas de controle (gerentes, engenheiros, compradores, pessoal de manutenção e operação), tanto no

desenvolvimento de novos projetos como na implementação de melhorias em sistemas existentes e também facilitar a operação das plantas tornando-as mais seguras.

Este guia foi desenvolvido por usuários nas indústrias utilizando as melhores práticas das grandes empresas nesta área. Seu objetivo é ser um guia prático e de fácil utilização para o projeto de processos complexos cuja utilização em larga escala de computadores e instrumentação resulta em interfaces homem-máquina com um grande volume de informações disponíveis nas telas de operação.

### **2.3.5. Métodos de avaliação de usabilidade**

Existem diversos métodos para avaliação de interfaces. No entanto, a grande maioria consiste em métodos de inspeção para detectar problemas de usabilidade, ou seja, qualquer problema no objeto de avaliação que afete a eficiência e efetividade do trabalho ou a satisfação que o usuário sente em utilizar a interface.

Os métodos de inspeção fundamentam-se no conhecimento e na experiência de avaliadores ou publicações que servem como guia ou *guideline*.

Dentre os métodos heurísticos destacam-se:

1. Avaliação Heurística;
2. Avaliação baseada em *guidelines*;
3. Comparação entre Interfaces;
4. Walkthrough Cognitivo.

Outra categoria compreende os métodos empíricos ou experimentais, que se baseiam em testes realizados com usuários em laboratório ou durante a utilização prática da interface como é o caso do Teste de Usabilidade.

Basicamente, tanto os Métodos heurísticos como os empíricos tem como objetivo a busca de problemas que possam afetar a usabilidade de uma interface e quantificá-los segundo frequência de ocorrência e gravidade das conseqüências destes erros. Entre as heurísticas mais conhecidas destacam-se as nove a seguir (NIELSEN e MOLICH 1989):

1. Utilizar diálogo simples e natural;
2. Falar na linguagem do usuário;
3. Minimizar a carga de memória do usuário;
4. Ser consistente;
5. Fornecer retorno de informação (*feedback*);
6. Fornecer saídas claras e bem indicadas;
7. Fornecer atalhos (*shortcuts*);

#### 8. Utilizar boas mensagens de erro.

A seguir, serão descritos os métodos de Avaliação Heurística e Avaliação Baseada em *guidelines* os quais foram utilizados na pesquisa proposta.

##### **2.3.5.1. Avaliação Heurística**

A avaliação heurística é um método que consiste em se pesquisar problemas de usabilidade através da inspeção da interface por um avaliador ou grupo de avaliadores. O elemento fundamental deste método é o avaliador, cuja função é encontrar os problemas que contradizem os princípios de usabilidade definidos como parâmetros de avaliação.

O avaliador não necessariamente deve ser um especialista. Caso o avaliador ou avaliadores não sejam especialistas estes devem conhecer quais são os princípios de usabilidade que serão utilizados como base para a avaliação.

Nos casos em que a avaliação de usabilidade seja feita por avaliadores não especialistas e não experientes, cabe uma sessão de nivelamento de conhecimento na qual devem ser esclarecidos os objetivos da avaliação e os princípios e conceitos de usabilidade.

É aconselhável que um roteiro da avaliação seja previamente definido para o melhor aproveitamento da avaliação, principalmente se os avaliadores não forem especialistas. Este roteiro consiste na descrição dos formulários a serem utilizados, quais problemas devem ser relatados, qual heurística foi violada, a frequência em que estas violações acontecem, taxa de gravidade de cada infração e como este problema foi descoberto.

Segundo Nielsen (1992) o perfil dos avaliadores influencia o desempenho deste método. Ele narra um experimento realizado com três tipos de avaliadores: novatos, regulares e duplos. Novatos são aqueles avaliadores sem experiência em usabilidade. Os regulares eram formados por pessoas consideradas especialistas (pessoas com alguma formação nesta área) em usabilidade. Os duplos correspondiam a avaliadores com experiência em usabilidade na interface avaliada.

Os experimentos concluíram que os avaliadores duplos encontraram mais problemas que os regulares, e estes uma quantidade superior aos novatos, considerando-se avaliações realizadas individualmente. O trabalho em conjunto dos avaliadores também contribui para o aumento do desempenho da avaliação.

O dimensionamento da equipe de avaliação, portanto, vai ser determinada por fatores como o objetivo da avaliação, o orçamento disponível, o tempo disponível e o estágio de desenvolvimento da interface.

Outro experimento em Jeffries *et al* (1991) *apud* Chan e Vieira (1996) comparou quatro métodos de avaliação de interfaces. Este experimento concluiu que a Avaliação Heurística foi o mais eficiente na detecção de problemas e, além de detectar o maior número de problemas, apresenta um baixo custo.

Como desvantagem este experimento também identificou que a Avaliação Heurística era sensível ao julgamento individual do avaliador na detecção de problemas.

### **2.3.5.2 Avaliação baseada em *Guidelines***

*Guidelines* são boas práticas ou recomendações publicadas para orientar o projeto de interfaces. Este método consiste de listas de verificação baseados em princípios de usabilidade onde são comparadas as características da interface em relação ao recomendado nestes guias ou diretrizes e contabilizados os desvios podendo ser considerado então um método determinístico.

Pode ser usado em todas as fases do ciclo de desenvolvimento da interface, apresenta o menor custo entre os métodos, porém sua abrangência fica restrita ao conteúdo dos guias. É considerado um método de baixo custo.

Conforme constatado em Jeffries *et al* (1991) *apud* Chan e Vieira (1996), este método é efetivo na detecção de problemas mais simples e frequentes porém não é efetivo identificação de problemas mais complexos e que exigem maior nível de profundidade na investigação. Outra vantagem deste método é que a avaliação não é muito influenciada pelas características dos avaliadores como ocorre em outros métodos.

### **2.3.5.3 Comparação entre interfaces**

Consiste na comparação da interface em estudo com uma referência ou entre elementos da mesma interface. Em Chan e Vieira (1996) são sugeridos os seguintes passos para a utilização desta técnica:

1. Definição dos requisitos da avaliação: objeto, avaliadores, objetivos, escopo, aspecto, recursos necessários etc. Nesta etapa também deve ser determinada a divisão dos elementos de cada interface que serão comparados entre si. Estes aspectos devem ser apresentados aos avaliadores na Etapa 2;
2. Introdução: apresentação de informação tais como objetivos do trabalho e material de apoio (formulários, exemplos, manuais, etc.) aos avaliadores;

3. Avaliação da interface: avaliadores fazem a comparação entre interfaces de acordo com a divisão determinada na Etapa 1. Os problemas detectados são registrados em formulários;
4. Discussão: os envolvidos reúnem-se para discutir os problemas encontrados a determinar a taxa de gravidade aos mesmos;
5. Apresentação dos resultados: apresentação dos problemas e priorização daqueles que devem ser atacados num *redesign*.

#### **2.3.5.4 Walkthrough cognitivo**

Consiste na análise feita por uma equipe de avaliadores durante a execução de tarefas típicas por usuários da interface homem-máquina. O método, mais adequado a interfaces mais simples (sistemas de informação ao público automação bancária), está baseado na avaliação da facilidade que os usuários têm para a execução de tarefas necessárias para atingir metas específicas pré-determinadas. Norman (1986) definiu estas tarefas como “Golfos de Execução e Avaliação”. Este método também está baseado na utilização de formulários durante a avaliação.

Em Wharton *et al* (1992) apud Chan e Vieira (1996) são definidos fatores de sucesso para a aplicação do método a interfaces mais complexas:

1. A seleção e o escopo das tarefas;
2. O processo de realização das tarefas;
3. O conhecimento dos avaliadores;
4. A influência dos avaliadores;
5. A compilação dos resultados.

Conforme Chan e Vieira (1996) o método apresenta como vantagens:

1. Poder ser aplicado em todas as etapas do ciclo de desenvolvimento do produto;
2. Permitir que analistas, *designers* e implementadores atuem como avaliadores. O *Walkthrough Cognitivo* pode ser visto como um laboratório para testes dos requisitos coletados por analistas e restrições técnicas de implementadores. Contribui para a redução de lacunas subsidiando melhor as decisões de *design* e implementação;
3. É uma ferramenta que pode aumentar o conhecimento sobre o usuário e de como ele realiza as suas tarefas e a importância dessas informações.

Ainda segundo Chan e Vieira (1996) as desvantagens deste método são:

1. Não levar à identificação imediata de problemas de usabilidade.

2. Poder induzir a soluções sub-ótimas, ou mesmo errôneas. Por exemplo, propor a modificação de uma tela através da retirada de itens, quando tais são necessários em tarefas que não foram avaliadas;
3. Dependendo do nível de detalhe da avaliação, poder levar a uma visão muito isolada da interface e seus problemas;
4. Ser um método que requer tempo, como citado em Wharton *et al* (1992) e Jeffries *et al* (1991).

### 2.3.6 A usabilidade segundo as normas

A seguir são abordadas algumas normas que tratam de atributos de ergonomia e qualidade para avaliar a usabilidade bem como estabelecem critérios para a realização de uma avaliação de usabilidade.

#### 2.3.6.1. Critérios segundo a ISO 9126 (ISO, 2001)

A norma ISO 9126 (2001) define um modelo de avaliação de qualidade para o produto de *software*. Segundo esta norma, a qualidade de um software é a capacidade deste produto de permitir que usuários atinjam metas especificadas com eficácia, produtividade, segurança e satisfação em contextos de uso especificados.

Os critérios definidos para a avaliação da usabilidade são:

**Inteligibilidade:** é a capacidade do *software* de permitir ao usuário identificar a adequação do *software* para a execução de determinada tarefa;

**Apreensibilidade:** é a facilidade que o *software* oferece para ser aprendido pelo usuário;

**Operacionalidade:** é a capacidade do *software* para ser operado e controlado;

**Atratividade:** é a capacidade do *software* de agradar ao usuário (fácil e atraente na sua utilização);

**Conformidade relacionada à usabilidade:** atributo de estar de acordo com as normas relacionadas à usabilidade.

#### 2.3.6.2 Critérios segundo a ISO 9241-11 (ISO, 1998)

A parte 11 da ISO 9241, de 1998, apresenta orientações sobre usabilidade. Esta norma define os seguintes atributos para a usabilidade em um determinado contexto de uso:

**Eficácia:** mede a exatidão e integridade com que as tarefas e subtarefas específicas são cumpridas pelo usuário;

**Eficiência:** mede os recursos gastos em relação à exatidão e integridade com as quais os usuários completam as tarefas;

**Satisfação:** é o conforto e aceitação do usuário no uso do produto;

**Contexto de uso:** diz respeito ao ambiente de uso o qual é composto por usuários, tarefas, equipamentos (*hardware*, *software* e materiais), o ambiente físico e o aspecto social em que o produto é utilizado.

A ISO 9241-11 ressalta que a usabilidade não deve ser analisada como uma propriedade isolada do produto uma vez que depende de características externas como o ambiente físico, das características psicológicas e sociais dos usuários e do contexto em que o produto será utilizado. Esta norma é uma ferramenta para identificar as informações necessárias para avaliar a usabilidade segundo dois aspectos: medidas de desempenho do usuário e medidas de satisfação.

## 2.4 Métricas para medição de usabilidade

### 2.4.1 Medidas de satisfação subjetiva

De acordo com Constantine (1999) serão mais facilmente aceitos aqueles *softwares* que subjetivamente agradam o usuário deixando-os satisfeitos mesmo após seções prolongadas de uso do que aqueles de alguma forma frustram ou desagradam. Estes últimos só serão usados mediante situações particulares de mercado como disponibilidade ou preço de aquisição.

Nielsen (1991) refere-se à satisfação de uso como um dos requisitos de qualidade do *software*. Segundo o autor o produto de *software* deve ser atraente e agradável em sua utilização.

A NBR-9241-11 (2002) define a satisfação como sendo a ausência de desconforto e atitudes positivas durante o uso do produto consistindo numa resposta do usuário na interação com o produto. Esta norma define como uma das formas de se avaliar a satisfação subjetiva a aplicação de questionários nos quais o usuário quantifica, através da atribuição de uma nota, a intensidade de um sentimento em um momento particular do uso do produto de *software*.

De maneira geral os testes psicológicos constituem, na maioria, a estratégia padronizada e objetiva para a mensuração do comportamento humano (KIRAKOWSKI, 1994).

O uso de questionários e entrevistas é um método útil de avaliação da opinião de usuários. Muitos aspectos da usabilidade podem ser estudados através de perguntas feitas ao usuário do sistema, particularmente quando estes aspectos estão ligados a questões relacionadas à satisfação subjetiva destes. As medidas de satisfação descrevem a usabilidade como ela é percebida pelo usuário em relação ao sistema como um todo (HOLTZ, 2004).

De acordo com Nielsen (1991), os questionários podem ser utilizados para a medição de possíveis ansiedades do usuário uma vez que, embora seja possível a medição de parâmetros objetivos como batimentos cardíacos e frequência respiratória, dificilmente tais métodos seriam utilizados durante o desenvolvimento do produto de *software* apesar de ser possível a medição objetiva de parâmetros.

Um fato a ser observado é que o desempenho e a satisfação do usuário não estão diretamente relacionados. Um usuário pode apresentar um ótimo desempenho embora não goste de utilizar o sistema e vice-versa (MACLEOD, 1997 *apud* HOLTZ, 2004).

As próximas seções descreverão os principais questionários utilizados atualmente para a medição de satisfação subjetiva no uso de uma interface homem-computador.

#### **2.4.1.1 O *Questionnaire for User Interaction Satisfaction* - QUIS**

O QUIS é um instrumento de pesquisa de satisfação subjetiva que contém oitenta itens, desenvolvido por pesquisadores do *Human-Computer Interaction Lab* (HCIL) da *University of Maryland*. Foi elaborado para sondar a satisfação no uso de um produto de *software*. Inicialmente, a versão 2.0 possuía dois formatos impressos longo ou curto os quais continham 90 ou 20 itens associados a uma escala de Likert de 9 pontos .

Após a criação do QUIS no formato escrito, foram lançadas várias versões informatizadas desta ferramenta mantendo-se a mesma confiabilidade da versão original. Estas versões, apesar de maior facilidade no uso para a coleta de dados, apresentaram algumas dificuldades de ordem prática no tocante à customização, distribuição e manutenção (HARPER *et al.*,1997).

Neste questionário, cada aspecto principal avaliado relativo à interface é decomposto em subitens para os quais é associado a uma escala numérica de 9 pontos atribuídos à adjetivos positivos à direita e negativos à esquerda. Adicionalmente, existe a opção de atribuição de “não aplicável” bem como um espaço para que o participante insira seus comentários.

Conforme relataram Harper *et al.* (1997) a versão 7.0 do QUIS resolveu uma série de problemas das versões anteriores permitindo a sua difusão na *Web*. Esta versão traz em seu formato :

1. Um questionário demográfico;
2. Seis escalas que medem a reação global do usuário em relação ao sistema;
3. Quatro medidas de atributos específicos da interface como facilidades oferecidas, telas, terminologia e retorno de informações, aprendizado e facilidades oferecidas pelo sistema);
4. Seções opcionais destinadas à avaliação de componentes específicos do sistema (ajuda online e impressa, tutoriais online, multimídia, acesso à Internet e instalação do software).

O QUIS é uma ferramenta comercializada *pele University of Maryland Office of Technology Commercialization* em três categorias: *Commercial license, Academic/Non-profit License, Student License*. A Figura 5 a seguir apresenta parte do questionário QUIS.

Learning		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	NA
15. Learning to use the website	difficult	<input type="radio"/>	easy	<input type="radio"/>								
16. Exploring new features by trial and error	difficult	<input type="radio"/>	easy	<input type="radio"/>								
17. Performing tasks is straightforward	never	<input type="radio"/>	always	<input type="radio"/>								
18. Help messages on the screen	unhelpful	<input type="radio"/>	helpful	<input type="radio"/>								
19. Supplemental reference materials	confusing	<input type="radio"/>	clear	<input type="radio"/>								
Website Capabilities		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	NA
20. Website speed	too slow	<input type="radio"/>	fast enough	<input type="radio"/>								
21. Website reliability	unreliable	<input type="radio"/>	reliable	<input type="radio"/>								
22. Sounds associated with this website	detracts value	<input type="radio"/>	adds value	<input type="radio"/>								
23. Correcting your mistakes	difficult	<input type="radio"/>	easy	<input type="radio"/>								
24. Designed for all levels of users	never	<input type="radio"/>	always	<input type="radio"/>								

Figura 5 – Excerto do QUIS

Fonte: <http://www.cs.umd.edu/hcil/quis/>. Acesso em: 15 de nov. 2009

#### 2.4.1.2 O Software Usability Measurement Inventory - SUMI

O SUMI é um questionário elaborado por Jurek Kirakowski e é comercializado pelo *Human Factors Research Group*. É composto por 50 declarações associadas a uma escala

semântica de três opções: concordo, não sei ou discordo. Esta escala foi adotada devido a dificuldade apresentada por participantes para responder a em uma escala com graduação de cinco ou mais posições (KIRAKOWSKI, 1996).

Ainda segundo Kirakowski (1996) o SUMI pode ser utilizado para a avaliação de qualquer sistema baseado em computador que possua uma interface com o usuário e também na avaliação de aplicações cliente-servidor. O tamanho da amostra para garantir uma precisão aceitável no uso desta ferramenta é de 10 a 12 usuários.

O mesmo autor estabelece as condições para a generalização dos resultados do SUMI. Devem ser considerados fatores como o contexto de uso, o planejamento da avaliação e as condições ambientais nas quais o produto será utilizado.

O SUMI estabelece como aspectos de análise os seguintes itens:

- a. A pontuação *Global*, que mede, através de 25 itens a usabilidade subjetiva global do produto;
- b. A pontuação das subescalas medidas através de 10 itens para cada uma: sentimento, eficiência, utilidade, controle e facilidade de aprendizagem;
- c. O Item *Consensual Analysis -ICA* que avalia os seguintes aspectos: *Affect* mede a reação emocional do usuário; *Efficiency* mede o nível de apoio do *software* ao usuário; *Helpfulness*, mede as facilidades de ajuda e documentação; *Control* mede o grau de controle do usuário sobre o *software*; *Learnability* mede a facilidade para o usuário em aprender as funcionalidades do produto.

Entre os métodos abordados neste trabalho, o SUMI é o mais complexo e que requer um maior esforço para a sua aplicação.

#### **2.4.1.3. O System Usability Scale – SUS**

O SUS é questionário criado pela *Digital Equipment Corporation* como parte de um programa de avaliação de usabilidade. O questionário é composto por 10 perguntas, cada uma das quais avaliadas em uma escala numérica que varia de 1 a 5, a qual corresponde uma variação de “discordo totalmente” a “concordo plenamente”. A Figura 6 a seguir mostra o questionário SUS.

Esta ferramenta avalia aspectos de usabilidade como: complexidade, necessidade de treinamento e suporte, consistência, facilidade de aprendizado e sentimento do usuário em relação ao sistema.

Questionário de satisfação do usuário SUS – <i>System Usability Scale</i>					
	Discordo completamente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo completamente
	1	2	3	4	5
1- Eu penso que gostaria de usar este sistema constantemente					
2. Achei o sistema desnecessariamente complexo					
3. Achei que foi fácil usar o sistema					
4. Eu penso que precisaria de ajuda para usar o sistema					
5. Achei que as várias funções deste sistema estavam bem integradas					
6. Achei que havia muita inconsistência neste sistema					
7. Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente					
8. Achei o sistema muito incômodo de usar					
9. Eu me senti muito seguro (a) utilizando este sistema					
10. Eu precisei aprender muitas coisas antes de utilizar este sistema					

Figura 6 – Questionário SUS  
Fonte: Holtz (2004)

O SUS gera um número numa escala que varia entre 0 e 100 como produto da avaliação do sistema. As pontuações dos itens individuais variam entre 0 e 4 e individualmente não devem ser considerados como significativos para a avaliação. O cálculo da pontuação dos itens ímpares é calculada subtraindo 1 da pontuação atribuída ao item. Para os itens pares, a pontuação é calculada subtraindo de 5 a nota atribuída ao item. A soma das pontuações nos itens deve ser multiplicada por 2,5 para a obtenção da pontuação final (BROOKE, 1986).

Segundo Brooke (1986) o questionário deve ser respondido sem que haja uma explicação prévia do contexto da avaliação e a resposta deve ser imediata à leitura do item do questionário sem que o respondente tenha muito tempo para pensar na resposta. Caso ele não se sinta apto a responder o item o mesmo autor recomenda a marcação da coluna central do questionário.

Em um estudo envolvendo 2324 casos Bangor *et al* (2008) estabelecem a validade do SUS como um método para a avaliação de usabilidade. Este mesmo estudo estabeleceu como razoável um mínimo de 12 participantes para garantir um resultado significativo.

O questionário O SUS é disponibilizado gratuitamente mediante a citação da autoria da ferramenta pela *Digital Equipment Corporation*.

#### **2.4.2 Medida de desempenho em uso**

Apesar da importância da sondagem de satisfação subjetiva dos usuários, este método pode dar margem a questionamentos caso seja usado como único método numa avaliação de usabilidade. A utilização do método de sondagem pode deixar dúvidas se as metas qualitativas foram alcançadas ao final da avaliação e por isso as metas de avaliação qualitativa não devem ser utilizadas diretamente como critério de aceitação em um ensaio de usabilidade (MAYHEW, 1999 *apud* Holtz, 2004).

De acordo com McGregor (1997) *apud* Holtz (2004) o fato de agradar o usuário após sessões de uso não é uma garantia de usabilidade do produto. A satisfação subjetiva, embora importante para a aceitação do produto pelos seus usuários não permite a comparação entre diferentes produtos (NIELSEN, 1994).

Existem diversas maneiras de medir o desempenho de usuários no uso de um sistema. Mayhew (1999) *apud* Holtz (2004) propõe a divisão das metas de avaliação quantitativa nos seguintes tipos:

- a. Metas absolutas, representadas por indicadores de quantificação absoluta. Como exemplo de indicadores nesta categoria tem-se número de ações incorretas, tempo para execução de uma tarefa etc;
- b. Metas relativas, que comparam o desempenho do usuário utilizando vários produtos concorrentes.

Medir a usabilidade é uma atividade importante no ciclo da Engenharia de Usabilidade cuja função é avaliar se os objetivos de usabilidade esperados foram atingidos e como uma forma de comparar a usabilidade entre produtos concorrentes (NIELSEN, 1991, *apud* HOLTZ, 2004). Os mesmos autores definem um modelo para medir a usabilidade conforme ilustrado na Figura 7, a seguir.

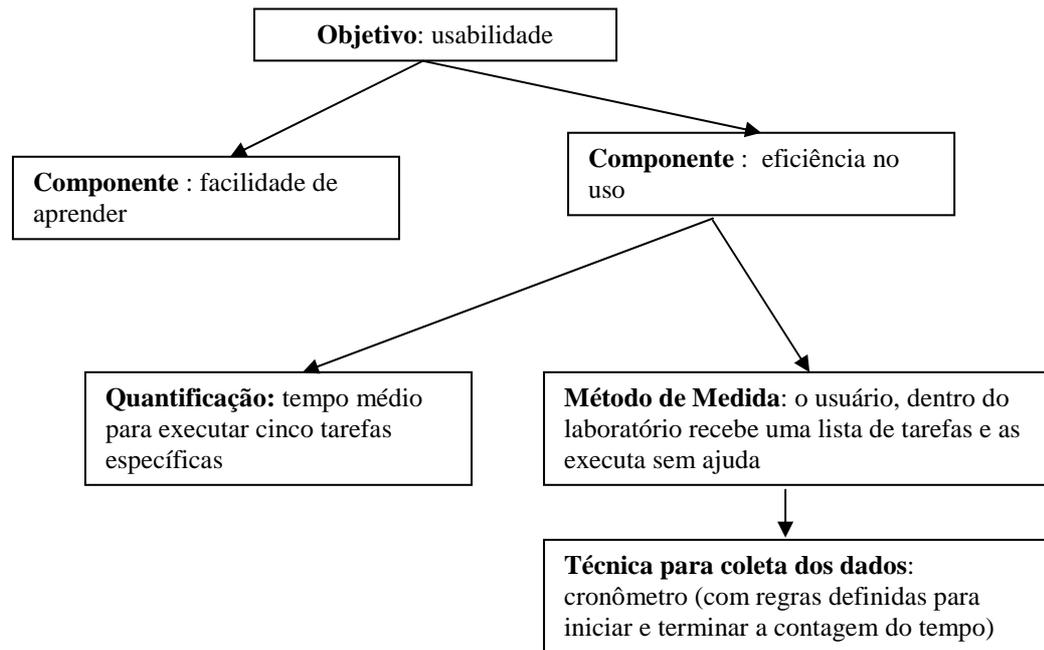


Figura 7 – Modelo de medida da usabilidade segundo Nielsen  
 Fonte: (Nielsen, 1991 *apud* Holtz, 2004)

Ainda segundo o modelo proposto por Nielsen (1991), o processo pode ser dividido nas seguintes etapas:

- a. Identificar o objetivo da avaliação;
- b. Definir a forma de quantificar esta medida dos objetivos;
- c. Definir um método de medir o desempenho do usuário;
- d. Definir as atividades necessárias para a coleta de dados.

A seguir será apresentado o método de avaliação da usabilidade de sistemas em um contexto – MUSiC, como uma importante ferramenta para a avaliação de usabilidade.

#### 2.4.2.1 O projeto MUSiC

O *Measuring Usability of Systems in Context-MUSiC* foi uma iniciativa conjunta de empresas e entidades de pesquisa no sentido de desenvolver uma metodologia e ferramentas práticas para a medição de usabilidade (MACLEOD, 1997 *apud* HOLTZ, 2004).

O MUSiC utiliza o conceito de usabilidade da ISO 9241-11 a qual define como atributos de um produto com usabilidade aquele que possa ser utilizado com eficiência, eficácia e satisfação dentro de um contexto definido de uso.

Ao todo, são definidas no MUSiC quatro tipo de métricas (HOLTZ, 2004):

- a. Métricas analíticas: medem aspectos derivados das especificações do produto. É utilizada no início do projeto uma vez que é baseada em especificações;
- b. Métricas de desempenho: medem eficiência e eficácia do usuário na utilização do produto;
- c. Métricas de esforço cognitivo: medem o esforço mental do usuário durante a utilização do produto. Podem ser utilizadas durante todo o ciclo de desenvolvimento do produto a partir de um protótipo;
- d. Métricas de satisfação subjetiva: mede a percepção do usuário em relação ao produto, ou seja, quão agradável para o usuário é a utilização do produto.

Segundo Bevan (2002) *apud* Holtz (2004), para medir a usabilidade as seguintes etapas devem ser realizadas:

- a. Objetivo: quais os objetivos do usuário ao usar o produto;
- b. Contexto de uso: qual o ambiente em que o produto vai ser utilizado, as características dos usuários e as circunstâncias em que o produto será utilizado;
- c. Medidas de usabilidade: que medem eficiência, eficácia e satisfação de uso baseada nos resultados na apuração de testes interação do usuário com o sistema.

O MUSiC foi utilizado nesta pesquisa como uma das ferramentas para a avaliação de usabilidade da interface homem-máquina objeto desta pesquisa.

### 3 O CONTEXTO E O OBJETO DO ESTUDO

Esta seção tem a finalidade descrever o local da realização da pesquisa bem como o objeto pesquisado. Serão abordados tópicos sobre a estrutura organizacional da empresa, distribuição de pessoal nas áreas bem como uma descrição detalhada do objeto de estudo.

#### 3.1 A refinaria de petróleo

A pesquisa foi realizada em uma refinaria de petróleo localizada no Distrito Industrial de Manaus. O Quadro 2, a seguir, apresenta informações gerais desta empresa:

Área ocupada (m <sup>2</sup> )	1.130.000,00
Número de funcionários	Próprios: 348 Contratados: 500
Capacidade de produção (m <sup>3</sup> /d)	7.300
Unidades de produção	Destilação: 2 Craqueamento: 1
Mercado de atuação	Região Norte, Bolívia e Peru

Quadro 2 – Informações gerais da refinaria  
Fonte: arquivo da Gerência de Otimização da empresa

Essa empresa possui quatro unidades de processamento as quais processam petróleos de diferentes características, de acordo com o perfil de produtos demandado pelo mercado. Todos os tipos de petróleos processado são extraídos no Brasil e suas origens são do litoral brasileiro (Campos ou Ceará) ou da província petrolífera de Urucu localizada no município de Coari no Amazonas. As unidades de produção com suas respectivas cargas são:

1. Uma Unidade de Destilação Atmosférica, que processa apenas petróleo oriundo do município de Coari no Amazonas, com capacidade de processar 5000 m<sup>3</sup>/d;
2. Uma Unidade de Destilação Atmosférica e a Vácuo, que processa petróleos oriundos do litoral brasileiro, com carga nominal de 2300 m<sup>3</sup>/d;
3. Uma Unidade de Craqueamento Catalítico com carga nominal de 550 m<sup>3</sup>/d.

A Figura 8, a seguir, representa um diagrama do esquema de refino da refinaria com as unidades e seus respectivos produtos.

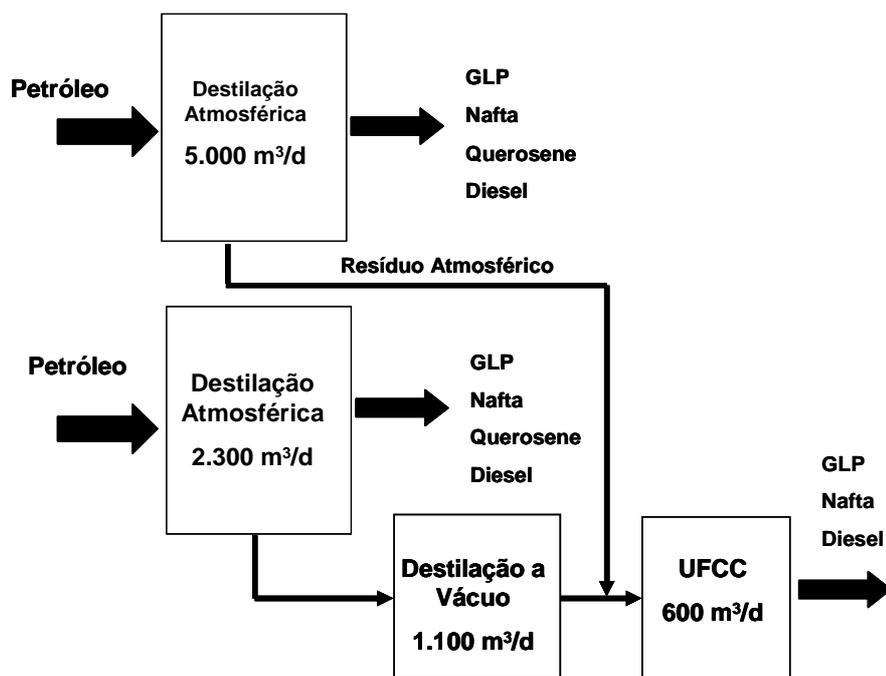


Figura 8 – Esquema simplificado de refino  
 Fonte: arquivo da Gerência de Otimização da empresa

Para o armazenamento do petróleo e dos derivados produzidos a unidade dispõe de dois parques de tancagem (sul e norte). O parque de tanques sul armazena petróleo e derivados que ainda não estão especificados para a venda. O parque de tancagem norte armazena derivados especificados e prontos para a venda. Existe ainda um parque de esferas e cilindros que armazenam gás liquefeito de petróleo (gás de cozinha).

Além das unidades de processamento de petróleo e área de tancagem, toda refinaria necessita de unidades auxiliares que fornecem insumos ao processo produtivo. Estas unidades são chamadas de unidades de utilidades cuja função é fornecer água tratada, ar comprimido, vapor d'água, energia elétrica, e tratamento de efluentes. O Quadro 3 a seguir mostra as unidades fornecedoras de utilidades e suas respectivas capacidades:

Unidade	Capacidade total
Geração de Vapor (três caldeiras)	75 t/h
Geração de ar comprimido (quatro compressores)	4.360 Nm <sup>3</sup> /h
Geração de energia elétrica (dois geradores)	7 Mwatts
Tratamento de água (duas unidades)	15 m <sup>3</sup> /h
Tratamento de efluentes	180 m <sup>3</sup> /h

Quadro 3 – informações gerais das unidades industriais  
 Fonte: documentação técnica da Gerência de Otimização da empresa

A estrutura organizacional da empresa é composta por treze gerências subordinadas a um gerente geral conforme mostrado na Figura 09 a seguir.

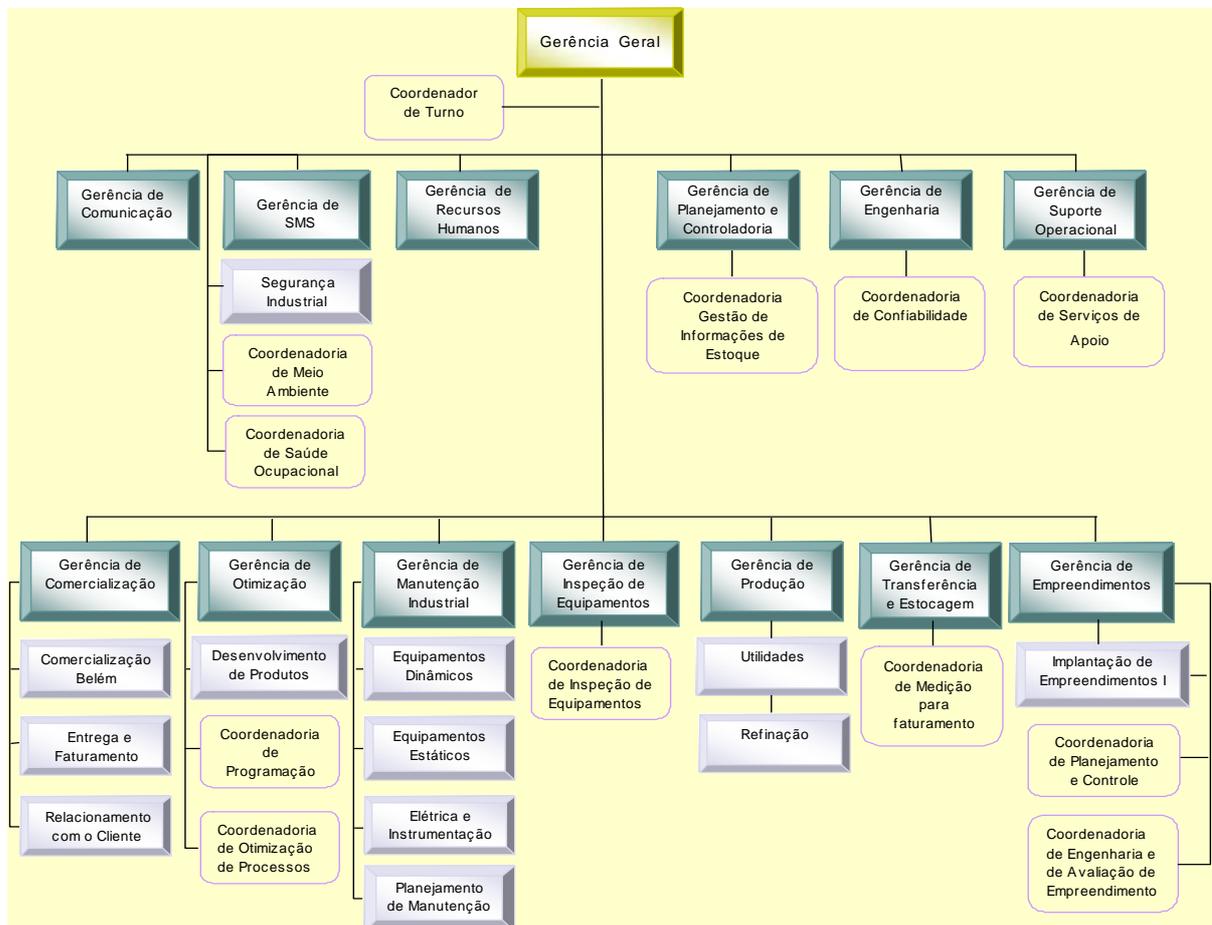


Figura 9 – Organograma da refinaria  
Fonte: arquivo da Gerência de Planejamento da refinaria

### 3.1.1 A gerência pesquisada

A pesquisa foi realizada na Gerência de Produção da empresa que é responsável pela operação das unidades de processo e utilidades da refinaria. Basicamente o pessoal alocado nesta gerência é dividido em pessoal administrativo (que trabalham no horário administrativo das 7:30 às 16:30) e pessoal de turno (que trabalham em regime de turno ininterrupto de revezamento).

A área de produção é dividida em dois setores: um denominado de Refinação e outro de Utilidades. Cada área é gerenciada por um gerente setorial e ambos os setores estão subordinados a um gerente de produção.

Ao todo são cinco turnos divididos também em duas áreas (refinação e utilidades). Cada turno conta com dois supervisores (um para cada área). O Quadro 4 a seguir mostra a distribuição dos operadores e supervisores por área de trabalho nos turnos.

Existem ainda os coordenadores de turno, cargo subordinado ao gerente geral da unidade o qual é responsável pela refinaria fora do horário administrativo de trabalho. Cada turno de revezamento possui um coordenador de turno.

<b>Posto de trabalho</b>	<b>Quantidade</b>
Coordenador de turno	1
<b>Área de Refinação</b>	
Supervisor	1
Operador de console (destilações)	1
Operador de console (Craquamento)	1
Operador de área (destilação atmosférica e a vácuo)	1
Operador de fornos de área (destilação atmosférica e craqueamento)	1
Operador de área quente (craquamento catalítico)	1
Operador de área fria (craquamento catalítico)	1
Operador de área (destilação atmosférica)	1
Operadores de sobrelocação (reserva)	2
<b>Área de Utilidades</b>	
Supervisor	
Operador de console (todo os sistemas de utilidades)	1
Operador de caldeiras	1
Operador da geração de energia elétrica	1
Operador de tratamento de água e ar-comprimido	1
Operador de tratamento de efluentes	1
Operadores de sobrelocação (reserva)	2

Quadro 4 – Lotação de operadores por área por turno  
Fonte: arquivo da Gerência de Produção da empresa

Os horários de troca de turno na unidade são 7:00, 15:00 e 23:00. Nestes horários ocorrem também as trocas de turno das outras gerências que também trabalham neste regime (gerências de Transferência e Estocagem e gerência de Segurança, Meio Ambiente e Saúde).

Existe ainda uma estrutura administrativa que é composta por operadores mais experientes cuja função é dar apoio à produção. Este grupo é composto por sete técnicos de operação e dois empregados terceirizados além dos dois gerentes setoriais. Suas atribuições são o planejamento das manutenções, revisão de padrões de operação, emissão de instruções operacionais, elaboração de treinamentos para os grupos de turno, comentários aos novos projetos a serem implantados na área industrial entre outras.

### 3.1.2 O centro integrado de controle (CIC)

A refinaria adota uma filosofia de centralização das operações de suas áreas em um único local. Assim foi desenvolvido todo o seu sistema de automação. Este local é chamado de Centro Integrado de Controle. A Figura 10 mostra uma vista externa da CIC.



Figura 10 – Centro integrado de controle  
Fonte: o autor durante a coleta de dados

Este local conta com as seguintes salas:

- a. Sala do coordenador de turno;
- b. Mini auditório para a realização de treinamentos e reuniões;
- c. Copa onde os operadores fazem suas refeições;
- d. Sala de baterias e sistemas de alimentação elétrica segura;
- e. Sala de painéis (gabinetes de controladores, painéis de rearranjo, sistema de telemetria de tancagem, sistema de válvulas motorizadas, gabinetes de telefonia e rede corporativa);
- f. Circuito fechado de câmeras de monitoração das unidades de processo;
- g. Sala de consoles de operação: neste local estão localizadas as consoles de operação nas quais estão instaladas as telas de operação das unidades objeto desta pesquisa. Nesta sala estão também os supervisores das áreas. A Figura 11 mostra a sala das consoles de operação.



Figura 11 – Interior do centro integrado de controle  
Fonte: o autor durante a coleta de dados

### 3.2 A unidade de destilação atmosférica

A função das refinarias consiste em separar o óleo cru em frações, delimitadas pelo ponto de ebulição de seus componentes, e, em seguida, reduzir essas frações em diversos produtos (derivados). O processo de refino, de maneira geral, é dividido em três classes: separação física, alteração química e purificação. A separação dos componentes de uma mistura de líquidos miscíveis, baseado na diferença dos pontos de ebulição dos seus componentes individuais é o princípio no qual se baseia o processo de destilação (PERRY, 2007).

O refino do petróleo compreende processos de conversão e de separação que dão origem aos seus diversos derivados. A destilação, assim como a extração com solventes, a cristalização por resfriamento e a filtração estão compreendidas nos processos de separação física. A destilação é realizada em estruturas altas e cilíndricas chamadas colunas ou torres de destilação (McCABE *et al.* 2004).

De acordo com Perry (2007), a destilação é uma operação unitária que separa compostos químicos através das diferenças entre seus pontos de ebulição. Essa operação de separação atinge seu objetivo pela criação de duas ou mais zonas coexistentes que diferem em temperatura, pressão, composição, e/ou estado de fase. Como o sistema move-se através do equilíbrio físico-químico, cada espécie molecular estabelece diferentes concentrações em cada zona, e isto resulta em separação entre as espécies.

De acordo com McCabe *et al.* (2004), um dos métodos de destilação (e o utilizado no refino do petróleo) é apresentado na Figura 12. Ele baseia-se no retorno de parte do condensado para o equipamento onde está sendo realizado, sob condições tais que este refluxo é posto em contato íntimo com os vapores que seguem para o condensador. Essa operação é realizada em um equipamento conhecido como coluna de destilação, que consiste de um casco metálico cilíndrico, onde internamente há bandejas (também chamados de pratos) dispostas umas sobre as outras, com espaçamento entre elas, ou recheios, suportados por telas. A função dos pratos ou recheios é aumentar o contato entre as fases líquida e vapor de forma que se atinja o equilíbrio químico o próximo uma situação próxima deste (PERRY, 2007).

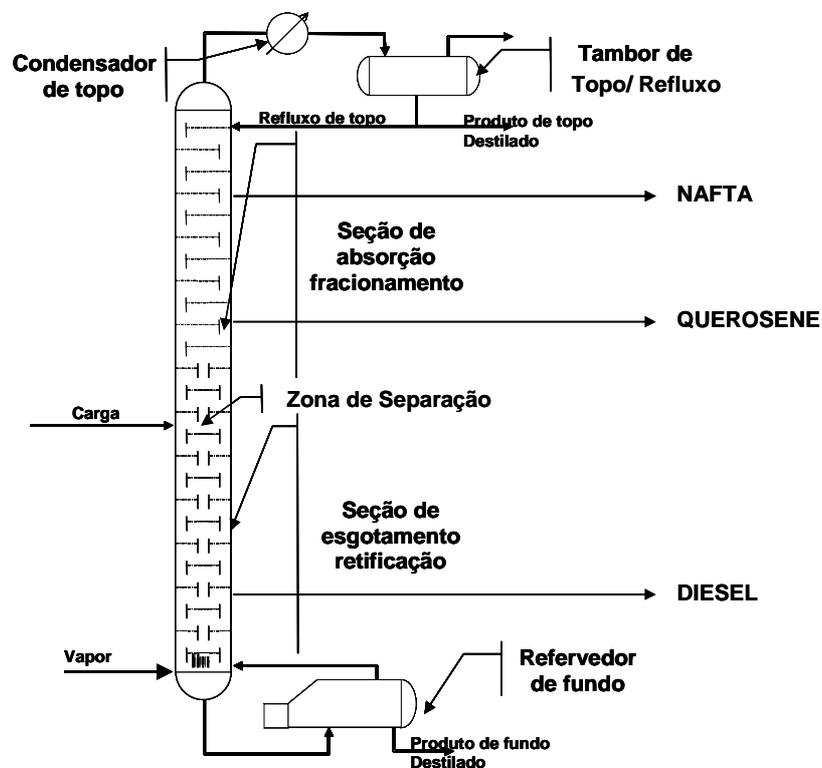


Figura 12 – Processo de Destilação Atmosférica Convencional  
Fonte: PERRY, 2007

Depois de pré-aquecido em permutadores de calor, o óleo cru é bombeado para os tubos dos fornos, onde é aquecido até vaporizar-se (exceto sua porção mais pesada) e, em seguida, introduzido na coluna de destilação em um ponto localizado acima da base. Um gradiente térmico é estabelecido através da torre, de tal modo que a temperatura é mais alta na base e mais baixa no topo. Os vapores ascendentes condensam-se à medida que sobem pela torre, e os líquidos condensados são acumulados em espaços predeterminados, de onde são recolhidos.

O presente estudo foi realizado na maior unidade de destilação atmosférica da refinaria. Esta unidade foi projetada para processar exclusivamente petróleo da província petrolífera de Urucu localizada no município de Coari no Amazonas. Sua carga nominal é 5.0000 m<sup>3</sup>/d e a sua operação é totalmente automatizada necessitando de pouca intervenção de operadores no campo. Um esquema simplificado da unidade em estudo está apresentado na Figura 13.

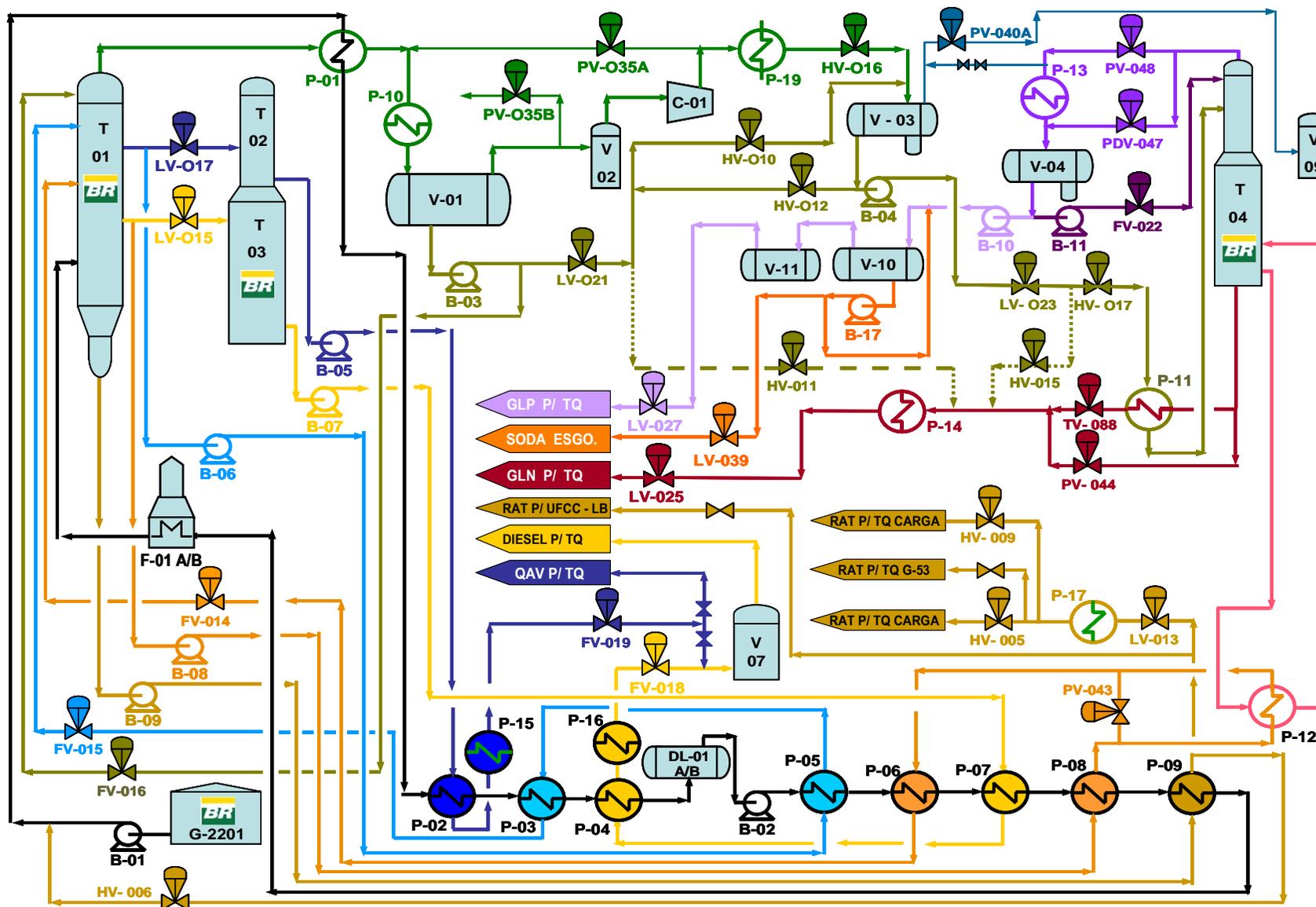


Figura 13 – Fluxograma simplificado da unidade de destilação atmosférica  
 Fonte: desenho construído por Rodnei Dantas – empregado da empresa

Automação desta unidade é baseada em medição e controle de variáveis de processo (pressão, temperatura, vazão, nível) as quais são transmitidas através de cabos de instrumentação até unidades terminais remotas dos sistemas SDCD e SCMD e a partir daí via rede de controle até a CIC onde são visualizadas e controladas através das consoles de operação.

Os instrumentos utilizados para o controle monitoração e sistema de segurança estão apresentados nos Tabelas 1 e 2 a seguir

TIPO DE E/S		UTR-2111-02 (SDCD)	
E/S FÍSICAS	ENTRADA ANALÓGICA 4 a 20 mA - CONTROLE (C)	62	
	ENTRADA ANALÓGICA 4 a 20 mA - SINAL ASSOCIADO (*C)	26	
	ENTRADA ANALÓGICA 4 a 20 mA - INDICAÇÃO (I)	98	
	ENTRADA ANALÓGICA 4 a 20 mA (ISOLADA) - INDICAÇÃO (I)	30	
	ENTRADA ANALÓGICA TERMOPAR "J" - CONTROLE (C)	-	
	ENTRADA ANALÓGICA TERMOPAR "J" - SINAL ASSOC. (*C)	-	
	ENTRADA ANALÓGICA TERMOPAR "J" - INDICAÇÃO (I)	64	
	ENTRADA ANALÓGICA TERMOPAR "K" - CONTROLE (C)	-	
	ENTRADA ANALÓGICA TERMOPAR "K" - SINAL ASSOC. - (*C)	-	
	ENTRADA ANALÓGICA TERMOPAR "K" - INDICAÇÃO (I)	16	
	SAÍDAS ANALÓGICAS - 4 a 20 mA	79	
	ENTR. DISCRETAS	89	
	SAÍDAS DISCRETAS	46	
	E/S VIA REDES DE COMUNICAÇÃO	REDE COMUNIC. CLP/SIS (RS-232C)	STATUS E/S DISCRETAS
MONITORAÇÃO E/S ANALÓGICAS			29
CH BY-PASS ENTR.			161
REDE COMUNIC. SCMD		STATUS/COMANDOS (MOTORES)	275
		MONITORAÇÕES (I,n)	10
REDE COMUNIC. CLP/COMPRES. GÁS (RS-485)		STATUS/ALARMES	30
		MONITORAÇÕES	30
REDE COMUNIC. VALV. MOTORIZ. (RS-232C)		STATUS	864
		COMANDOS	216
		MONITORAÇÃO (TORQUE)	54
SOPRADORES DE FULIGEM (RS-485)		STATUS	50
		COMANDOS	16

Tabela 1 – Entradas e saídas físicas e lógicas de instrumentos

Fonte: LI-5265-22111-800-FAB-002, documentação de projeto da unidade.

		Tipo de E/S	CP-211101 (SIS)
E/S FÍSICAS		ENTRADA ANALÓGICA 4 a 20 mA	28
		ENTR.ADA ANALÓGICA TERMOPAR "J"	02
		ENTRADAS DISCRETAS	308
		SAÍDAS DISCRETAS	176
E/S VIA REDES DE COMUNICAÇÃO	REDE COMUNICAÇÃO SDCD/SIS (RS-232C)	SINAIS BINÁRIOS SDCD-SIS (WRITE)	308
		SINAIS BINÁRIOS SIS-SDCD (READ)	517
		SINAIS ANALÓGICOS SIS-SDCD (READ)	28

Tabela 2 – Entradas e saídas físicas e lógicas de instrumentos do SIS  
 Fonte: LI-5265-22111-800-FAB-005, documentação de projeto da unidade.

A interface homem-máquina disponibiliza aos operadores a indicação destas variáveis ordenadas de forma lógica e amigável para permitir que um único empregado supervisione todos os sistemas principais e auxiliares e execute as ações necessárias para a manutenção das variáveis das unidades dentro dos limites de projeto. Esta interface será descrita em detalhe na seção a seguir.

### 3.3 O objeto do estudo

Esta seção descreverá a console de operação utilizada para o monitoramento e controle das variáveis da unidade de destilação descrita anteriormente. Esta seção está dividida em três partes as quais serão desenvolvidas: *hardware*, *software* e telas de operação

As consoles de operação utilizadas na unidade são computadores de uso comercial os quais apresentam as seguintes características:

*Hardware:*

- a. Estação de trabalho Dell Precision 370, gabinete Mini Torre, processador Pentium 4, 3.00GHZ, EM64T, 2MB cache, FSB 800, em português;
- b. 1GB, 400MHz, DDR2 NECC SDRAM Memory, 2X512, Dell Precision 370;
- c. Teclado US PS/2 sem teclas de atalho (310-1609)

- d. DUAL Dell UltraSharp 2001FP Flat Panel with Height Adjustable Stand,20.0 Inch VIS,OptiPlex ;
- e. Placa gráfica NVIDIA QUADRO FX 1400, 2 DVI ou VGA;
- f. 36GB,SCSI,U320,15K RPM Hard Drive,Dell Precision 370/380 C4 -All SCSI Hard Drives, Non- RAID for 1 Hard Drive, Dell Precision 370 ;
- g. 3.5inch,1.44MB,Floppy Drive Dell Precision 370/470/670 Factory Install ;
- h. Sistema operacional Windows XP, PRO, SP2, em inglês com mídia;
- i. Dell USB 2-Button Optical Mouse with Scroll for Precision Workstations;
- j. 48X/32X CD-RW/DVD Combo Drive with CyberLink PowerDVD Dell Precision 370/470/670;
- k. DELL A425 Speakers, Dell Precision Workstation;
- l. U320 SCSI Card for Connecting Internal Hard Drives, Precision 370.

*Software:*

- a. Sistema operacional: Windows XP Professional;
- b. *Internet explorer 6.0*;
- c. Office Small Business-Microsoft;
- d. *Process Portal A*: software de supervisão de processos da família Industrial<sup>IT</sup> de propriedade do fabricante ABB.

A Figura 14 apresenta um exemplar da console de operação na qual foram realizadas as coletas de dados desta pesquisa.



Figura 14 – Console de operação  
Fonte: o autor durante a coleta de dados

As telas de operação são representações gráficas da unidade de processo aonde são mostrados os equipamentos (vasos, torres, bombas, compressores turbinas, fornos, etc.) bem como todas as variáveis de controle e monitoração conforme listadas anteriormente nas Tabelas 1 e 2. Também estão representadas outras informações de interesse como campo de alarmes, atalhos para acesso a outras unidades, botões de navegação dentro das unidades e botões de utilidades do sistema.

Ao todo, a unidade estudada possui um conjunto telas que obedecem a uma seqüência lógica cujo objetivo é representar a trajetória do petróleo desde os tanques de armazenamento até o envio dos derivados produzidos para os tanques de produtos acabados.

A Figura 15 a seguir mostra uma tela de operação típica da unidade de destilação em estudo a qual servirá como base para a explicação dos campos e botões disponibilizados pelo sistema para utilização na operação desta unidade.

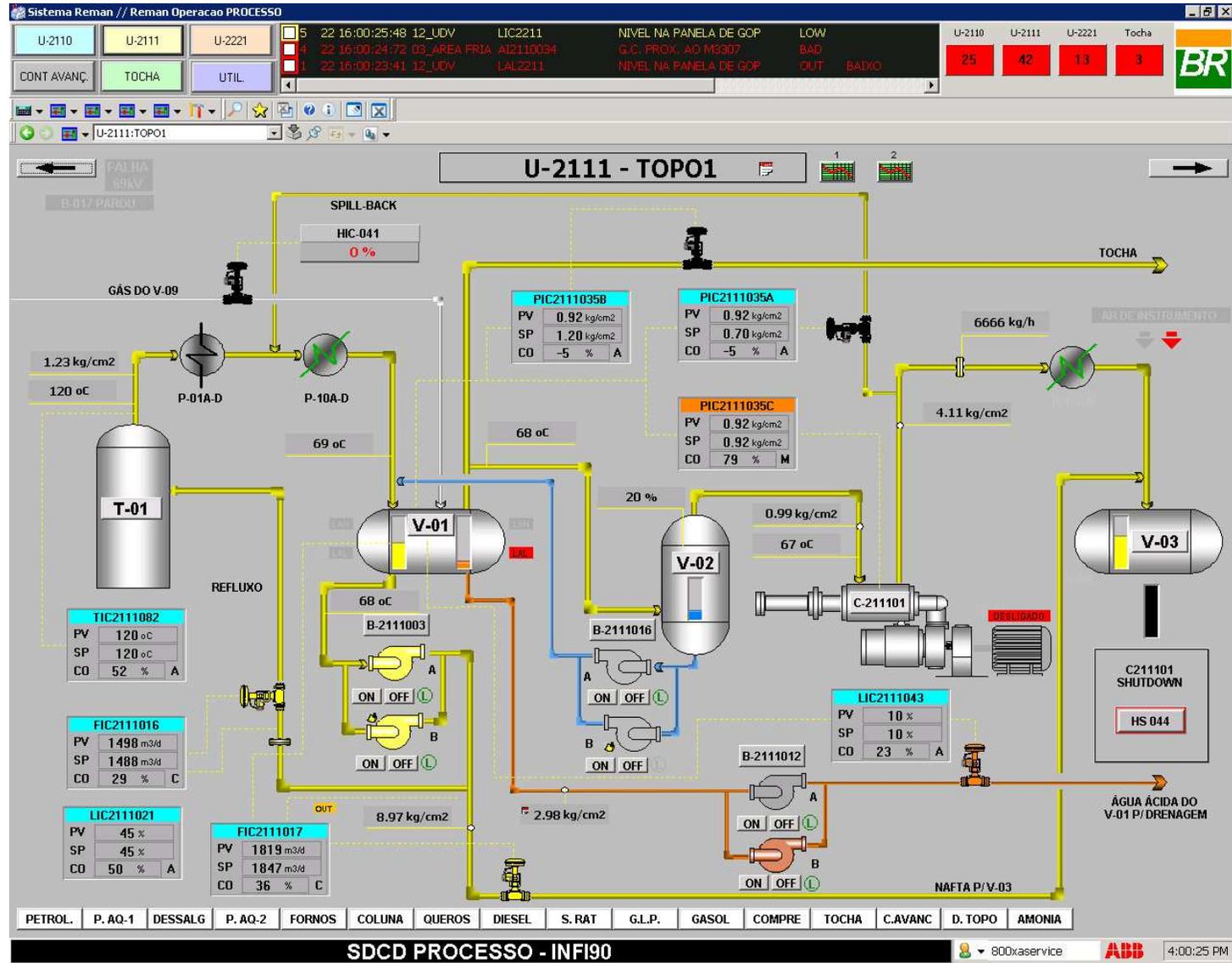


Figura 15 – Console de operação

Fonte: sistema 800XA – ABB fabricante do sistema

### 3.3.1 O Campo de alarmes

Esta área da tela é destinada à apresentação dos alarmes de processo. Esses alarmes correspondem a alertas pré-definidos de que variáveis estão naquele momento estão ultrapassando valores máximos ou mínimos e que demandam uma ação imediata do operador de forma retornar com esta variável ao seu valor normal. A Figura 16 apresenta esta área com o exemplo de alguns alarmes ativados.

5	22 16:00:25:48	12_UDV	LIC2211	NIVEL NA PANELO DE GOP	LOW
4	22 16:00:24:72	03_AREA FRIA	AI2110034	G.C. PROX. AO M3307	BAD
1	22 16:00:23:41	12_UDV	LAL2211	NIVEL NA PANELO DE GOP	OUT BAIXO

Figura 16 – Campo de alarmes  
Fonte: sistema 800XA – ABB

Os alarmes são codificados com cores sendo a cor amarela utilizada para apresentar alarmes de média prioridade e vermelho para alarmes de alta prioridade.

### 3.3.2 Os Botões de navegação

A interface disponibiliza diferentes maneira de navegação através das telas que representam as diferentes áreas da unidade com seus respectivos equipamentos.

Navegação na sequencia lógica do processo: este tipo de navegação é feita através dos botões apresentados na Figura 17 a seguir.



Figura 17 – Botões de navegação sequencial  
Fonte: sistema 800XA - ABB

Estes botões trocam as telas atrás ou adiante na seqüência lógica em que o petróleo caminha na unidade desde a tancagem de petróleo até o fluxo de derivados acabados para a tancagem de produtos destinados à entrega aos clientes.

Devido a uma diretriz de confiabilidade da empresa, qualquer uma das consoles de operação pode operar qualquer uma das unidades inclusive sistema elétrico. Assim sendo, a interface dispõe de botões que permitem acessar as telas de todas as outras unidades. Estes botões são identificados com o número da unidade e estão mostrados na Figura 18.



Figura 18 – Botões de acesso às telas das unidades  
Fonte: sistema 800XA - ABB

Existe ainda o recurso que possibilita a navegação direta entre as diversas áreas da mesma unidade de forma direta e mais rápida. Isto é feito através de botões que estão presentes na parte inferior de todas as telas da mesma unidade. Estes botões estão apresentados na Figura 19.



Figura 19 – Botões de acesso às telas das áreas da unidade  
Fonte: sistema 800XA – ABB

No canto superior direito da tela existem botões que abrem uma tela com todos os alarmes que estão ativos na unidade correspondente. Os números que aparecem na parte superior do botão identificam a unidade e o número no meio identifica a quantidade de alarmes ativados naquela unidade. Estes botões estão mostrados na Figura 20.

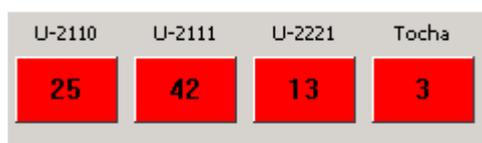


Figura 20 – Botões de acesso às telas de sumário de alarmes  
Fonte: sistema 800XA – ABB

Além dos botões de navegação, a interface dispõe de alguns botões de função que oferecem algumas facilidades aos operadores do sistema. A seguir estão explicadas algumas dessas funcionalidades à partir da Figura 21.

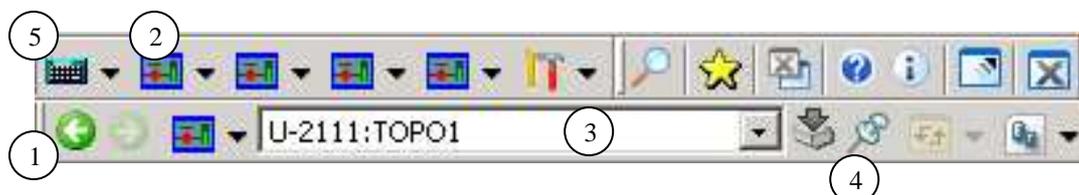


Figura 21 – Botões de acesso a facilidades do sistema  
Fonte: sistema 800XA – ABB

1. Setas que voltam ou avançam as últimas telas acessadas pelo operador;
2. Acesso rápido a telas importantes conforme definição da operação;
3. Acesso a telas pelo nome das mesmas;
4. Botão que fixa uma determinada tela no monitor transferindo para o outro monitor as demais ações do operador;

Os botões mostrados na Figura 22 a seguir possuem as seguintes funções respectivamente:

1. Acesso aos gráficos de tendência configurados;
2. Acesso ao usuário através de senha de segurança.

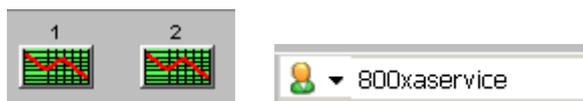


Figura 22 – Botões de acesso às telas de gráfico de tendência e senha, respectivamente.  
Fonte: sistema 800XA – ABB

A interface possui muitos outros recursos os quais não serão descritos aqui para não fugir aos objetivos desta pesquisa.

## 4 MÉTODOS E DADOS

### 4.1 O local do estudo

Conforme já descrito na seção anterior, o local da realização do estudo é uma refinaria de petróleo situada em Manaus. O estudo foi restrito a unidade de destilação atmosférica com carga nominal 5.300 m<sup>3</sup>/d e desenvolvido através de uma pesquisa qualitativa na telas de operação desta unidade.

A empresa pesquisada trabalha em regime de turno ininterrupto de oito horas. A pesquisa abrangeu os operadores lotados nos cinco turnos de trabalho, além do pessoal de manutenção e engenharia.

### 4.2 O tipo de pesquisa

De acordo com a classificação proposta em Vergara (2009) a pesquisa quanto aos fins foi classificada como:

1. Descritiva uma vez que descreve as características do objeto a ser estudado bem como os fatores que contribuem para o desempenho da interface homem-máquina;
2. Investigação explicativa uma vez que a pesquisa tornou mais clara a interface estudada bem como expôs problemas de usabilidade encontrados durante o estudo.

Ainda segundo Vergara (2009), quanto aos meios esta pesquisa foi classificada como:

1. Pesquisa aplicada: motivada pela necessidade de avaliar e propor solução para um problema concreto que diz respeito à usabilidade da interface homem-máquina estudada;
2. Pesquisa de campo: foi realizada no local em que está sendo utilizada a interface e com os usuários desta;
3. Pesquisa bibliográfica: baseada em livros, publicações e outros meios disponíveis ao público em geral;
4. Pesquisa participante: pois não se esgota na figura do pesquisador. As pessoas implicadas no problema (operadores e técnicos de manutenção e operação) também tomaram parte tornando tênue a fronteira pesquisador/pesquisado;
5. Investigação documental: foi realizada utilizando dados armazenados nos sistemas que suportam a utilização da interface (sistemas Infi-90, 800XA, *Plant Information*<sup>TM</sup>, *AM-Meridien*, relatórios de turno, escalas de revezamento, etc.);

6. Estudo de caso: o estudo foi restrito a uma unidade da empresa e não abordou as telas de operação das demais unidades.

De acordo com Gil (1991), este trabalho se enquadra como pesquisa aplicada do ponto de vista de sua natureza pois, teve como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática voltados à solução de problemas específicos.

Em Yin (2005, p. 34-35) são apresentados alguns argumentos para a utilização de estudo de caso como método de pesquisa nos quais este trabalho aqui se enquadra:

*“Uma segunda aplicação é descrever uma intervenção e o contexto na vida real em que ela ocorre. Em terceiro lugar, os estudos de caso podem ilustrar certos tópicos dentro de uma avaliação, outra vez de um modo descritivo. A quarta aplicação é que a estratégia de estudo de caso pode ser utilizada para explorar aquelas situações nas quais a intervenção que está sendo avaliada não apresenta um conjunto simples e claro de resultados.”*

*“E, finalmente, sim, os estudos de caso podem ser conduzidos e escritos por muitos motivos diferentes, incluindo a simples apresentação de casos individuais ou o desejo de chegar a generalizações amplas baseadas em evidências de estudos de casos.”*

*“... é explicar os supostos vínculos causais em intervenções da vida real que são complexos demais para as estratégias experimentais ou aquelas utilizadas em levantamentos.”*

Finalizando, segundo Gonçalves e Moraes (2004) os estudos de casos são métodos utilizados para explicar os fenômenos ou problemas que apresentam características peculiares, alguma idiosincrasia com destaque que justifique o esforço de pesquisa.

### 4.3 Do método empregado

Inicialmente cabe a definição, para esta pesquisa, de aspectos fundamentais para a construção de um estudo de caso (YIN, 2005, p. 42):

- a. As questões de um estudo: neste trabalho, a questão estudada é como a atual configuração da interface homem-máquina afeta a usabilidade das telas de operação da unidade de destilação. Para tal, procurou-se responder as seguintes questões baseadas nos objetivos específicos conforme Quadro 5 a seguir:

<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>PERGUNTAS DE PESQUISA</b>
a. Identificar na literatura os padrões atualmente usados para a avaliação da usabilidade de interfaces homem-máquina.	a. Quais os principais autores e qual o estado da arte na avaliação da usabilidade?
b. Realizar a avaliação de satisfação subjetiva e medir o desempenho dos usuários da interface homem-máquina.	b. Quais grupos de usuários estão mais satisfeitos no uso da interface e qual perfil de usuário é mais eficiente no uso.
c. Identificar oportunidades de melhorias que diminuam a carga mental de trabalho, a probabilidade de erro e aumentem a segurança nas operações.	c. Em quais atributos existem desvios que reduzem o desempenho do usuário e quais atributos causam maior insatisfação.
d. Sugerir para a organização melhorias nas telas desta unidade	e. Em quais atributos devem ser executadas modificações que melhorem o desempenho e aumentem a satisfação dos usuários?

Quadro 5 – Objetivos específicos e perguntas da pesquisa

- b. Proposições de estudo: a proposição deste estudo é que a configuração da Interface homem-máquina tem influência na usabilidade destas e que o grau de influência pode estar ligado ao nível de conhecimento e tempo de uso, ou seja, a experiência dos usuários.
- c. Unidade de análise: neste trabalho a unidade de análise corresponde aos três grupos de empregados selecionados (pessoal de operação, pessoal de manutenção pessoal de engenharia);
- d. Ligação dos dados à proposição: a partir dos resultados obtidos com a aplicação dos formulários e questionários de avaliação, estabeleceu-se a influência da atual configuração sobre os requisitos de usabilidade e quais grupos de usuários são mais afetados;

### 4.3.1 Critérios de qualidade da pesquisa

A qualidade de um projeto de pesquisa, incluindo os estudos de caso, pode ser avaliada segundo alguns critérios ou testes os quais são: validade do constructo, validade interna e confiabilidade (YIN, 2005, p.54-60). Neste trabalho foram utilizados estes critérios como parâmetros para garantir a consistência do mesmo:

- a. Validade do constructo: de forma a atender este critério, a pesquisa utilizou várias fontes durante a fase de coleta de dados. Estes dados foram coletados com integrantes (grupos de participantes) de três gerências diferentes da empresa os quais apresentam perfis diferentes de formação e experiência profissional. Após a coleta de dados, durante a fase de consolidação do relatório, ocorreu a revisão do rascunho do relatório por pessoa credenciada;
- b. Confiabilidade: de forma a possibilitar a reprodução dos mesmos resultados desta pesquisa no futuro, foi elaborado um protocolo de execução detalhando todas as etapas da coleta de dados.

### 4.3.2 Protocolo para o estudo de caso

O protocolo é uma das principais ferramentas para aumentar a confiabilidade da pesquisa de estudo de caso e tem como objetivo orientar o pesquisador ao realizar a coleta de dados a partir de um estudo de caso único (YIN, 2005, p. 92).

Esta pesquisa seguiu o método descrito por Yin (2005) o qual recomenda as seguintes seções para compor o protocolo para o estudo de caso:

- a. Visão geral do projeto do estudo de caso;
- b. Procedimentos de campo;
- c. Questões do estudo de caso;

O protocolo criado para esta pesquisa teve como objetivo descrever os procedimentos adotados durante a coleta de dados necessários à realização desta pesquisa bem como descrever as etapas a serem cumpridas e os procedimentos a serem adotados em caso desvio do contexto definido para o estudo decorrente de alguma emergência ou situações anormais nas unidades de processo.

A seguir estão detalhados os itens do protocolo utilizado para o desenvolvimento deste trabalho.

#### **4.3.2.1 Visão geral do projeto**

Foi necessário, antes da aplicação da pesquisa, que fosse dada aos participantes uma noção clara da pesquisa, seus objetivos, o contexto de realização e perspectiva. Também era importante que as pessoas envolvidas tomassem contato com a teoria envolvida acerca do tema.

O objetivo deste item foi nivelar conhecimento entre participantes sobre o tema e o contexto da pesquisa e motivá-los a participar. Antes da coleta de dados, este trabalho se utilizou das seguintes ferramentas para atingir os objetivos descritos anteriormente:

- a. Carta aos participantes selecionados com informações sobre os objetivos da pesquisa, o papel dos participantes, o modo de aplicação da pesquisa e os resultados e benefícios esperados. A carta enviada está apresentada no Apêndice A deste trabalho;
- b. Envio do projeto completo de pesquisa para leitura e aprofundamento no tema;
- c. Apresentação aos participantes detalhando o projeto: conceito de usabilidade, métricas existentes, método selecionado e a forma da aplicação da pesquisa. A cópia da apresentação realizada está mostrada no Apêndice B.

#### **4.3.2.2 Procedimentos de campo**

Diferentemente de uma pesquisa conduzida em laboratório, no estudo de caso como o proposto nesta pesquisa, não há como controlar as condições durante a coleta de dados. A pesquisa foi realizada no ambiente do indivíduo pesquisado e por isso estava sujeita a imprevistos e desvios dos objetivos causados por situações operacionais, características organizacionais (por exemplo, clima organizacional, influências políticas dentre outras) ou por características pessoais dos próprios participantes da pesquisa. Daí a necessidade de procedimentos explícitos e bem detalhados para contornar comportamentos diferentes do esperado.

A seguir é detalhado o planejamento realizado para a coleta de dados como parte do protocolo de execução.

##### **4.3.2.2.1 Seleção dos participantes e critério de experiência no uso**

A seleção dos participantes foi feita baseada no organograma da gerência que opera a unidade estudada. Foram selecionados todos os operadores que estão lotados no posto de trabalho responsável pelo controle da unidade de destilação através da console localizada no CIC. Para

abranger um maior número de usuários também foram selecionados outros operadores dos turnos que já ocuparam este posto de trabalho.

Também foram selecionados participantes da área de engenharia e manutenção que tem contato com a interface além de operadores que trabalham no horário administrativo que já utilizaram de maneira contínua e atualmente utilizam de maneira esporádica a ferramenta.

A fase de escolha dos participantes levou aproximadamente uma semana e foi feita mediante a entrevista com gerentes e supervisores das áreas pesquisadas.

Ainda não existe um consenso entre os pesquisadores sobre o número ideal de participantes para uma avaliação de usabilidade. Virzi (1992) *apud* Holtz (2004) relacionou o número de participantes ao número de problemas de usabilidade e chegou às seguintes conclusões:

1. Quatro ou cinco participantes encontram 80% dos problemas;
2. O aumento no número de participantes diminui a eficiência na detecção de problemas (à medida que o número de participantes aumenta diminui o número de novas informações sobre problemas);
3. Os primeiros participantes têm maior probabilidade de encontrar os problemas mais sérios.

Nielsen (1993b) *apud* Holtz (2004) constatou, a partir de vários estudos, que um único usuário consegue encontrar em média 31% dos problemas de usabilidade. Baseado neste dado, concluiu que cinco usuários são capazes de encontrar 85% dos problemas de usabilidade e quinze usuários são suficientes para encontrar 100% dos problemas.

De forma a identificar o maior número de aspectos relacionados à interface homem-máquina em estudo, a pesquisa foi aplicada individualmente ao pessoal envolvido com a interface que será estudada seguindo a seguinte estratificação:

1. Participantes do desenvolvimento da interface;
2. Operadores experientes;
3. Operadores de média experiência;
4. Operadores iniciantes no uso da interface;
5. Pessoal de manutenção e engenharia.

O critério de experiência foi estabelecido baseado no tempo de uso da interface conforme apresentado no Quadro 6 seguir.

<b>GRUPO DE ANÁLISE</b>	<b>EXPERIÊNCIA</b>
Pessoal de alta experiência ( <b>A</b> )	Maior que 2 anos
Pessoal de média experiência ( <b>M</b> )	Menor ou igual a 2 e maior que 1 ano
Pessoal iniciante no uso da interface ( <b>B</b> )	Menor ou igual a 1 ano

Quadro 6 – Experiência dos participantes da pesquisa

Fonte: o autor a partir da escala de revezamento da Gerência de Produção da empresa

Participaram da pesquisa todos os cinco turnos de operação além de pessoal de engenharia e manutenção. A seleção dos participantes da pesquisa está apresentada no Quadros 7 e 8 a seguir.

<b>OPERADORES DE CONSOLE DA UNIDADE</b>									
<b>TURNO</b>	<b>OPERADOR</b>	<b>EXPERIÊNCIA</b>			<b>TURNO</b>	<b>OPERADOR</b>	<b>EXPERIÊNCIA</b>		
		<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>			<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>
<b>A</b>	Operador A1	X			<b>D</b>	Operador D1	X		
	Operador A2		X			Operador D2	X		
	Operador A3		X			Operador D3	X		
	Operador A4	X				Operador D4		X	
	Operador A5	X				Operador D5			X
<b>B</b>	Operador B1		X		<b>E</b>	Operador E1		X	
	Operador B2	X				Operador E2	X		
	Operador B3	X				Operador E3			X
	Operador B4		X			Operador E4	X		
	Operador B5		X						
<b>C</b>	Operador C1	X							
	Operador C2	X							
	Operador C3			X					
	Operador C4			X					

Quadro 7– Seleção de operadores

Fonte: o autor a partir da escala de revezamento da Gerência de Produção da empresa

<b>PESSOAL DE MANUTENÇÃO</b>				<b>PESSOAL DE ENGENHARIA</b>			
<b>EMPREGADO</b>	<b>EXPERIÊNCIA</b>			<b>EMPREGADO</b>	<b>EXPERIÊNCIA</b>		
	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>		<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>
M1			X	E1	X		
M2	X			E2			X
M3	X			E3		X	
M4			X	E4	X		

Quadro 8 – Seleção do pessoal de manutenção e engenharia

Fonte: o autor a partir de entrevistas com os empregados das gerências de Manutenção e Engenharia

#### **4.3.2.2.2 Planejamento da coleta de dados**

Face à variação nos horários dos grupos de turno, foi necessário a confecção de um calendário para a coleta de dados de forma a otimizar o tempo. O planejamento da coleta de dados está mostrado nos Quadros 9 e 10.

A fase de coleta de dados levou aproximadamente dois meses devido à necessidade de obedecer ao horário de trabalho dos turnos de revezamento da empresa.

CRONOGRAMA DA COLETA DE DADOS DE SATISFAÇÃO SUBJETIVA E PERFIL DO USUÁRIO																																
jul/10		Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
TURNO	OPERADOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
A	Operador A1										16 h																					
	Operador A2										17 h																					
	Operador A3										18 h																					
	Operador A4										19 h																					
	Operador A5										20 h																					
B	Operador B1																	16 h														
	Operador B2																	17 h														
	Operador B3																	18 h														
	Operador B4																	19 h														
	Operador B5																	20 h														
C	Operador C1			9 h																												
	Operador C2			10 h																												
	Operador C3			11 h																												
	Operador C4			12 h																												
D	Operador D1							17 h																								
	Operador D2							18 h																								
	Operador D3							19 h																								
	Operador D4							20 h																								
	Operador D5							21 h																								
E	Operador E1		16 h																													
	Operador E2		17 h																													
	Operador E3		18 h																													
	Operador E4		19 h																													

Quadro 9 – Calendário para a realização da coleta de dados de satisfação subjetiva  
 Fonte: o autor a partir da escala de revezamento dos turnos da Gerência de Produção da empresa

CRONOGRAMA DA COLETA DE DADOS PARA MEDIDA DE DESEMPENHO																																
ago/10		D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T
TURNO	OPERADOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
A	Operador A1												16 h																			
	Operador A2												17 h																			
	Operador A3												18 h																			
	Operador A4												19 h																			
	Operador A5												20 h																			
B	Operador B1																															
	Operador B2																															
	Operador B3																															
	Operador B4																															
	Operador B5																															
C	Operador C1		16 h																													
	Operador C2		17 h																													
	Operador C3		18 h																													
	Operador C4		19 h																													
D	Operador D1												16 h																			
	Operador D2												17 h																			
	Operador D3												18 h																			
	Operador D4												19 h																			
	Operador D5												20 h																			
E	Operador E1					16 h																										
	Operador E2					17 h																										
	Operador E3					18 h																										
	Operador E4					19 h																										

Quadro 10 – Calendário para a realização da coleta de dados de desempenho do usuário  
 Fonte: o autor a partir da escala de revezamento dos turnos da Gerência de Produção da empresa

#### 4.3.2.2.3 Preparação dos locais para o *briefing*, resposta aos questionários e medição de desempenho

A pesquisa foi realizada em dois locais distintos, de acordo com a natureza da atividade de coleta de dados. Ambas as fases da pesquisa foram realizadas no Centro Integrado de Controle. A fase de resposta aos questionários foi realizada com cada participante individualmente na sala de reunião anexa à sala das consoles de operação mostrada na Figura 23. A aplicação dos questionários obedeceu ao planejamento mostrado anteriormente de forma a causar o mínimo de transtorno na rotina dos participantes.



Figura 23 – Sala de apresentações e aplicação dos questionários.  
Fonte: o autor durante a coleta de dados

Esta sala teve de ser adaptada com projetor uma vez que nela também foram feitas as apresentações para nivelamento de conhecimento.

A coleta dos dados para a medição de desempenho do usuário foi realizada na sala das consoles de operação utilizando uma das estações de trabalho usadas para a o controle da unidade conforme Figura 24 a seguir.

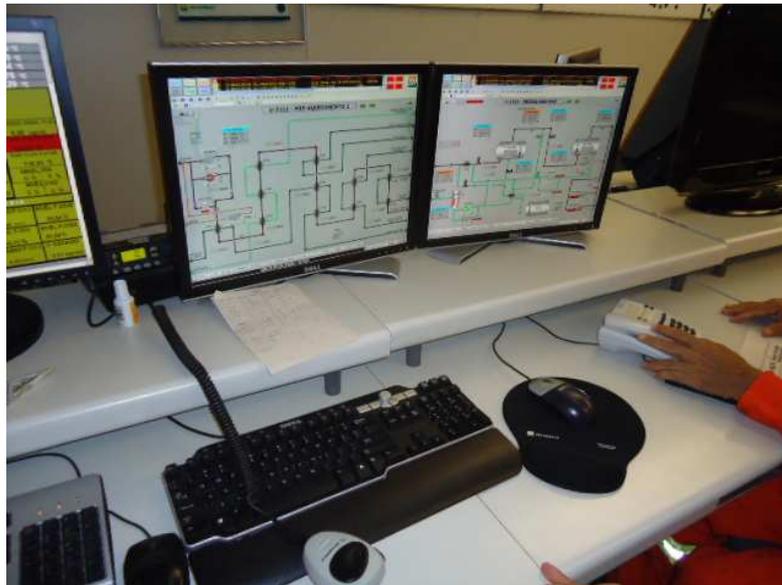


Figura 24 – Console de operação utilizada para a medição de desempenho  
 Fonte: o autor durante a coleta de dados

A coleta de dados de desempenho foi a fase mais complexa por envolver a utilização de uma console de operação que está ligada ao sistema de controle das unidades o que pode, em caso de erro na execução da tarefa, provocar algum distúrbio na unidade estudada. De forma a garantir a segurança na execução dos testes, foi realizada uma análise de risco utilizando um *software* proprietário de empresa cujo objetivo foi listar os erros, quantificar a probabilidade de ocorrência e a severidade das conseqüências, permitindo assim a determinação das ações mitigadoras em caso de ocorrências anormais resultantes dos testes.

#### 4.3.2.3 Questões do estudo de caso

De acordo com Yin (2005, p.98-101), as questões constituem-se no ponto central do estudo de caso as quais refletem a linha real da investigação. Entre os cinco níveis de questões descritas por ele deve-se utilizar para coleta de dados as questões de nível 1 feitas sobre entrevistados específicos e nível 2 feitas sobre casos individuais.

No caso da avaliação de usabilidade, conforme comentado anteriormente, o número e o formato das questões a serem formuladas dependem da métrica ou métricas que serão selecionadas para a avaliação. Basicamente a coleta de dados foi dividida em dois blocos, conformes seus objetivos:

- a. Medidas de satisfação e perfil do usuário;
- b. Medidas de desempenho.

As seções seguintes descreverá a fase de coleta de dados e os instrumentos utilizados.

## 4.4 Coleta de dados

Após a realização de todas as atividades descritas anteriormente neste trabalho, foi iniciada a coleta de dados a qual foi dividida em duas etapas distintas cujo planejamento foi mostrado nos Quadros 9 e 10.

De forma a obedecer a um dos três princípios recomendados em Yin (2005, p.129), foi criado um banco de dados pelo autor utilizando planilhas eletrônicas nas quais foram armazenados todos os resultados obtidos nas duas fases de coleta desta pesquisa conforme serão descritas nas seções seguintes.

### 4.4.1 Coleta de dados para avaliação de satisfação subjetiva

Para a medição de satisfação de satisfação subjetiva foram utilizadas duas ferramentas:

- a. **Questionário para determinação do perfil dos participantes:** para a avaliação deste aspecto, esta pesquisa se utilizou de um questionário adaptado de Holtz (2004). Este questionário tem a finalidade de determinar o grau de familiaridade dos participantes da pesquisa em relação ao uso de computadores e interfaces. O formulário utilizado está mostrado no Anexo A;
- b. **Questionário para a medição de satisfação subjetiva:** para a medida de satisfação subjetiva foram pré-selecionados alguns questionários padronizados como o *Software Usability Measurement Inventory* (SUMI), o *Questionnaire for User Interaction Satisfaction* (QUIS) ou *System Usability Scale* (SUS) são alguns modelos que poderiam ser usados para esta função. Foi escolhido para a avaliação de satisfação subjetiva o SUS por ser livre e de simples aplicação de forma que se causasse o mínimo de transtorno à rotina dos participantes. Os demais testes descritos neste trabalho apresentavam um número maior de questões o que dificultaria a utilização. O formulário utilizado está mostrado na Figura 25.

A coleta desses dados foi feita de maneira individual, com cada participante, após uma apresentação cujo objetivo era nivelar o conhecimento do participante em relação aos conceitos de usabilidade, os objetivos da pesquisa e a forma de preenchimento dos formulários. A cópia da apresentação está mostrada no Apêndice B.

<b>Questionário de satisfação do usuário SUS – System Usability Scale</b>				
Usuário:	Turno:	Data:		
	Discordo completamente	Discordo	Neutro	Concordo completamente
	1	2	3	4
	5			
1- Eu penso que gostaria de usar este sistema constantemente				
2. Achei o sistema desnecessariamente complexo				
3. Achei que foi fácil usar o sistema				
4. Eu penso que precisaria de ajuda para usar o sistema				
5. Achei que as várias funções deste sistema estavam bem integradas				
6. Achei que havia muita inconsistência neste sistema				
7. Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente				
8. Achei o sistema muito incômodo de usar				
9. Eu me senti muito seguro (a) utilizando este sistema				
10. Eu precisei aprender muitas coisas antes de utilizar este sistema				

Figura 25 – Questionário SUS  
 Fonte: Holtz (2004)

#### 4.4.2 Coleta de dados para avaliação de desempenho do usuário

A avaliação de desempenho do usuário utilizou o método Método de Medida de Performance sugerido no projeto MUSiC descrito na seção 2.4.2.1 deste trabalho. A escolha deste método foi motivada pela facilidade e rapidez na sua aplicação permitindo a coleta de dados sem causar uma perturbação significativa na rotina de operação da unidade de processo estudada. De acordo com Macleod (1997) e Bevan (1998) apud Holtz (2004) este processo de medição é decomposto em sete etapas:

- a. **Definição do produto a ser testado:** o produto que foi testado é o objeto da pesquisa, ou seja, as telas de operação da unidade de destilação. Este objeto já foi descrito em detalhe na seção 3.3 deste trabalho;
- b. **Definição do contexto:** o contexto no qual foi realizada a pesquisa foi descrito na seção 3.1 deste trabalho.
- c. **Especificação de objetivos e o contexto da avaliação:** para esta avaliação, o contexto escolhido para a definição das tarefas foi a operação normal da unidade sem distúrbios, pois esta é a situação que representa quase a totalidade do tempo de utilização da interface. As tarefas foram definidas de forma a serem representativas da utilização da interface nas condições definidas no contexto;
- d. **Realização dos testes com os usuários:** que diz respeito à coleta de dados em si que será descrita mais adiante neste trabalho;
- e. **Análise e interpretação dos dados:** a qual foi feita na seção 5 deste trabalho;
- f. **Elaboração do relatório.**

Esta fase da coleta de dados durou aproximadamente dois meses de forma a obedecer aos horários dos turnos de revezamento. Esta etapa foi feita juntamente com a medição de satisfação dos usuários.

##### 4.4.2.1 Definição das métricas para a medida de desempenho dos usuários

A medição de desempenho adotada neste trabalho foi baseada na observação e medição dos tempos gastos para a realização de tarefas pré-determinadas. Para tanto foi necessário a definição destas tarefas e o estabelecimentos de métricas para a medição do desempenho. A seguir é explicado como estes dois aspectos foram definidos para o contexto desta pesquisa.

A definição das tarefas a serem executadas com os participantes foi baseada em entrevista com os supervisores da unidade pesquisada de forma a atender os critérios sugeridos por Holtz (2004):

- a. Serem representativas do uso da interface no contexto escolhido;
- b. Aquelas que tivessem a maior chance de identificação de problemas de usabilidade.

As tarefas definidas para a avaliação de desempenho estão representadas no Quadro 11, a seguir.

TAR.	TIPO	DESCRIÇÃO
1	Navegação	1.1. Estando a console na tela do sistema de tocha, o operador deve acessar a tela da área de tratamento de GLP e localizar o controlador de nível no vaso V-2111-10.
		1.2. Estando a console na tela do circuito de petróleo, o operador deve localizar a tela e a área onde está indicada medição de sobre vaporizado.
		1.3. Estando a console na tela do circuito de petróleo, o operador deve acessar a tela de retirada de querosene e localizar o controlador de vazão de retirada de querosene FIC-2111019 e selecioná-lo.
2	Acionamento de Bomba	Estando a console na tela do circuito de petróleo, o operador deve localizar o face plate de acionamento das bombas B-541001 A/B e selecionar a bomba reserva sem acioná-la.
3	Alteração de <i>set point</i> de variável	Estando a console na tela do circuito de DIESEL, o operador deve localizar o frontal do controle de nível da dessalgadora DL-01A e alterar o seu SET-POINT.
4	Acendimento de queimador de forno	Estando a console na tela do circuito de GLP, o operador deve localizar a tela de ignição do F-211101A e acender o piloto e queimador de gás que está apagado.
5	Abertura do DAMPER	Estando a console na tela do circuito de Querosene, o operador deve localizar a tela do forno F-211101A e abrir o DAMPER 100% para ramonagem.
6	Reposição de soda cáustica no V-211110	Estando a console na tela das dessalgadoras, o operador deve localizar a tela do V-211110 e iniciar a reposição de soda no V-211110.
7	Aumentar a vazão de vapor 100 kg/h para o <i>stripper</i> de DIESEL.	Estando a console na tela do sistema de topo, o operador deve localizar o frontal do FIC-2111042 e elevar a vazão de vapor para o <i>stripper</i> de diesel.
8	Alterar o acionamento da bomba para local	Estando a console na tela do sistema Petróleo, o operador deve localizar o face plate da bomba B-211104 A e passar para o modo LOCAL a partida da bomba.
9	Elevar a rotação de turbina: B-211108 B	Estando a console na tela do sistema de TOCHA, o operador deve localizar o face plate da bomba B-211108 B e elevar em 100 RPM a rotação da bomba.
10	Aumentar a vazão de vapor para a tocha	Estando a console na tela do sistema de GLP, o operador deve localizar a tela do sistema de tocha e elevar a vazão de vapor para a tocha, atuando na abertura da FV-541010.

Quadro 11 – Tarefas definidas para a medição de desempenho do usuário

Fonte: o autor

Para a medição de desempenho do usuário foi utilizado o Método de Medida de Performance (COOPER,1995) que faz parte do MUSiC (MACLEOD, 1997 apud HOLTZ 2004) para a definição dessas medidas.

Foram utilizadas três medidas de desempenho dos usuários as quais são oriundas da observação e medição dos tempos gastos para a execução das tarefas especificadas no Quadro 11.

#### 4.4.2.2 Eficácia da tarefa

A eficácia da tarefa mede o quão bem os usuários atingiram o objetivo da tarefa independente do tempo gasto e das dificuldades encontradas para realizá-la (HOLTZ, 2004).

Para cada tarefa do Quadro 11 foi definido um critério de qualidade e quantidade de passos que foram concluídos com sucesso.

Para o critério de qualidade foi definida uma nota de 0 a 100% que era atribuída de acordo com a aderência ao percurso ideal de navegação pelas telas de operação definido previamente pelo avaliador e o usuário mais experiente. Esta atribuição de nota seguiu o seguinte critério:

- a. 100%: o usuário seguiu a sequência correta sem nenhum desvio;
- b. 75%: utilizou um desvio da sequência correta;
- c. 50%: utilizou mais de um desvio da sequência correta;
- d. 0%: não conseguiu completar a tarefa.

Para o critério de quantidade, foram atribuídos percentuais para cada etapa necessária a ser completada para o cumprimento da tarefa. O Quadro 12 mostra a definição dos critérios de qualidade de quantidade.

A partir destas definições a eficácia foi calculada pela seguinte fórmula:

$$Eficácia = (quantidade \times qualidade)/100\%$$

Onde:

Quantidade = percentual de objetivos alcançados;

Qualidade = percentual de tarefas atingidas conforme critério estabelecido.

TAR.	TIPO	DESCRIÇÃO	QUALIDADE	QUANTIDADE
1	Navegação	1.1. Estando a console na tela do sistema de tocha, o operador deve acessar a tela da área de tratamento de GLP e localizar o controlador de nível no vaso V-2111-10.	Encontrar a tela solicitada	Percentual da tarefa cumprida (25% encontrar a tela correta, 75% encontrar o face plate do controlador).
		1.2. Estando a console na tela do circuito de petróleo, o operador deve localizar a tela e a área onde está indicada medição de sobrevaporizado.	Encontrar a tela solicitada	Percentual da tarefa cumprida (40% encontrar a tela correta, 60% encontrar a indicação).
		1.3. Estando a console na tela do circuito de petróleo, o operador deve acessar a tela de retirada de querosene e localizar o controlador de vazão de retirada de querosene FIC-2111019 e selecioná-lo.	Encontrar o face plate do controlador solicitado	Percentual da tarefa cumprida (40% encontrar a tela correta, 60% encontrar a indicação).
2	Acionamento de Bomba	Estando a console na tela do circuito de petróleo, o operador deve localizar o face plate de acionamento das bombas B-541001 A/B e selecionar a bomba reserva sem acioná-la.	Selecionar para acionamento a bomba reserva.	Percentual de tarefa cumprida (30% encontrar a tela, 35% localizar a bomba na tela, 35% selecionar a bomba correta).
3	Alteração de set point de variável	Estando a console na tela do circuito de DIESEL, o operador deve localizar o frontal do controle de nível da dessalgadora DL-01A e alterar o seu <i>set point</i> .	Encontrar o frontal do controlador solicitado.	Percentual de tarefa cumprida (30% encontrar a tela, 35% localizar o controlador na tela, 35% selecionar a bomba correta).
4	Acendimento de queimador de forno	Estando a console na tela do circuito de GLP, o operador deve localizar a tela de ignição do F-211101A e acender o piloto e queimador de gás que está apagado.	Acender o queimador	Percentual de tarefa cumprida (30% encontrar a tela de ignição, 35% localizar o queimador apagado, 35% acender o piloto do queimador).
5	Abertura do DAMPER	Estando a console na tela do circuito de Querosene, o operador deve localizar a tela do forno F-211101A e abrir o DAMPER 100% para ramagem.	Abriu o totalmente o damper do forno F-211101A	Percentual de tarefa cumprida (30% encontrar a tela de controle do damper, 35% localizar o controlador do damper, 35% mudar a saída de controle para 100%).
6	Reposição de soda cáustica no V-211110	Estando a console na tela das dessalgadoras, o operador deve localizar a tela do V-211110 e iniciar a reposição de soda no V-211110.	iniciar o processo de reposição de soda	Percentual de tarefa cumprida (50% encontrar a tela do V-211110, 25% localizar o frontal de acionamento da bombas, 25% acionar a bomba).
7	Aumentar a vazão de vapor 100 kg/h para o stripper de DIESEL	Estando a console na tela do sistema de topo, o operador deve localizar o frontal do FIC-2111042 e elevar a vazão de vapor para o <i>stripper</i> de diesel.	Aumentar a vazão de vapor para <i>stripper</i>	Percentual de tarefa cumprida (30% encontrar a tela de controle de vapor para o stripper, 35% localizar o controlador da vazão de vapor, 35% incrementar a vazão).
8	Alterar o acionamento da bomba para local	Estando a console na tela do sistema Petróleo, o operador deve localizar o face plate da bomba B-211104 A e passar para o modo LOCAL a partida da bomba.	Mudar o modo de acionamento da bomba B-211104A para LOCAL	Percentual de tarefa cumprida (30% encontrar a tela onde encontra-se o frontal da bomba, 35% localizar o frontal da bombas, 35% mudar o modo).
9	Elevar a rotação de turbina: B-211108 B	Estando a console na tela do sistema de TOCHA, o operador deve localizar o face plate da bomba B-211108 B e elevar em 100 RPM a rotação da bomba.	Aumentar a rotação da turbina solicitada	Percentual de tarefa cumprida (50% encontrar a tela onde encontra-se o controlador de velocidade da bomba, 25% localizar o controlador, 25% aumentar a rotação).
10	Aumentar a vazão de vapor para a tocha	Estando a console na tela do sistema de GLP, o operador deve localizar a tela do sistema de tocha e elevar a vazão de vapor para a tocha, atuando na abertura da FV-541010.	Abriu a válvula solicitada	Percentual de tarefa cumprida (30% encontrar a tela de controle de vapor para a tocha, 35% localizar o controlador da vazão de vapor, 35% incrementar a vazão).

Quadro 12 – Qualidade e quantidade das tarefas

Fonte: o autor

#### 4.4.2.3 Eficiência temporal

A temporal considera o tempo gasto pelo usuário para execução da tarefa. Relaciona a eficácia atingida ao tempo gasto na tarefa através da seguinte fórmula:

$$\text{Eficiência temporal} = (\text{eficácia} / \text{tempo da tarefa})$$

Onde:

Tempo da tarefa = tempo gasto para completar cada tarefa;

#### 4.4.2.4 Eficiência relativa

A eficiência relativa foi calculada comparando-se o desempenho dos usuários selecionados como o usuário considerado especialista. Este usuário foi escolhido entre todos os operadores selecionados o mais experiente no uso da interface.

A eficiência relativa do usuário é definida como a razão entre a eficiência dos participantes da pesquisa e a eficiência do especialista sendo calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{Eficiência relativa} = (\text{eficiência do usuário} / \text{eficiência do especialista})$$

Esta seção abordou a metodologia utilizada para a coleta dos dados necessários para a medição da satisfação subjetiva dos usuários e o desempenho desses usuários no uso da interface em estudo. Após a coleta de dados em campo os resultados obtidos com as medições estão expostos na seção a seguir.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade do estudo de caso pode ser melhorada através da utilização de três princípios básicos para a coleta de dados: utilizar várias fontes de evidência, criar um banco de dados para o estudo de caso e manter o encadeamento de evidências (YIN, 2005, p. 124-134). Esta pesquisa utilizou as seguintes fontes de evidência:

- a. Registros em arquivos: para a obtenção das telas de operação, padrão de configuração de elementos gráficos, detalhes de configuração, escalas mensais de turno e definição dos grupos por experiência;
- b. Observações direta e participante: para a determinação do contexto de aplicação da pesquisa e observação que possibilitasse a comprovação dos problemas de usabilidade;
- c. Entrevistas e levantamentos estruturados: para a medição e coleta dos dados de desempenho em uso dos usuários e a coleta de dados de satisfação e perfil do usuário.

Igualmente importante para um estudo de caso, segundo Yin (2005), é a convergência das diversas fontes de dados em corroborar o fato investigado. A Figura 27 apresenta a convergência das fontes de dados utilizadas nesta pesquisa.

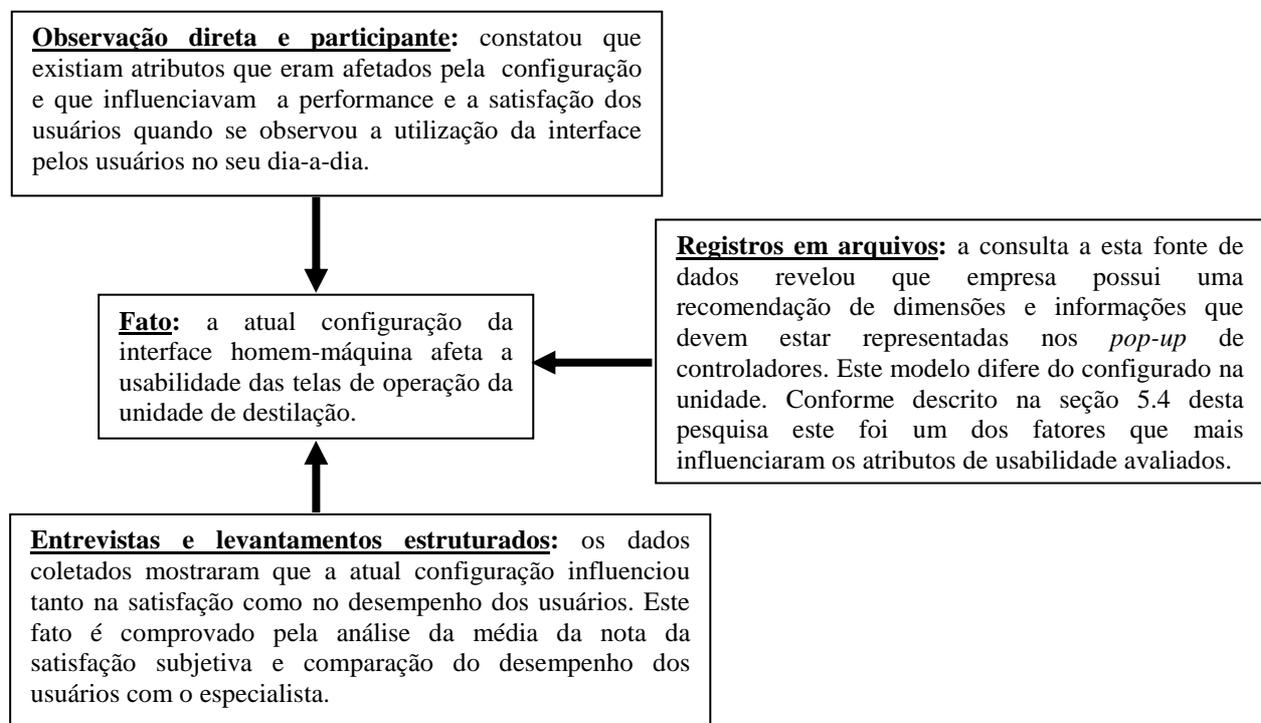


Figura 26 – Convergência de evidências  
 Fonte: adaptado da figura 4.2 de Yin (2001), p. 127

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos através da coleta de dados de campo os quais estão organizados em três blocos distintos assim distribuídos: perfil, satisfação e desempenho em uso dos usuários selecionados. A apresentação destes resultados consiste na compilação de outro princípio recomendado em Yin (2005) para melhorar a qualidade de um estudo de caso que é o banco de dados descrito na Seção 4.4 deste trabalho.

### 5.1 Perfil do usuário

Conforme detalhado no item 4.4.1 deste trabalho, foram selecionados ao todo 31 participantes sendo 23 operadores, 4 empregados da área de manutenção e 4 empregados da área de engenharia. Todos utilizam o sistema como parte de suas atividades e todos são do sexo masculino.

O perfil de idade dos participantes revelou que todos os selecionados tem idade acima de 25 anos e a maioria tem idade acima de 41 anos. A distribuição de faixas de idades estão apresentadas no Gráfico 3 a seguir.

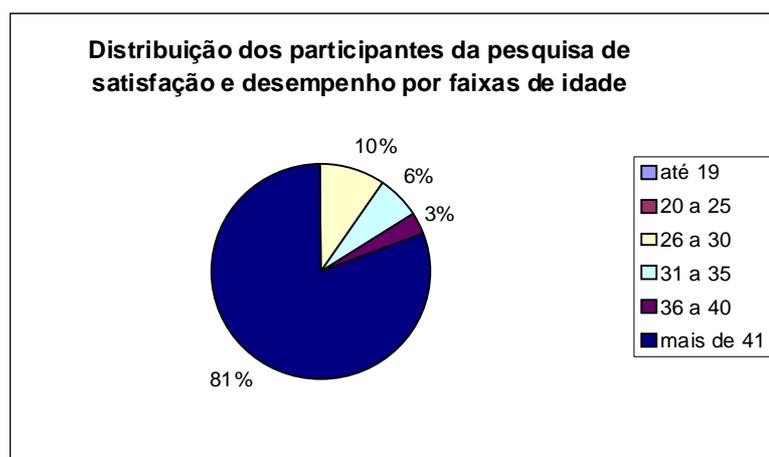


Gráfico 3 – Distribuição dos participantes por faixa de idade  
Fonte: o autor a partir dos dados coletados

No item escolaridade, todos os participantes têm no mínimo o segundo grau completo. Isto é devido ao fato de que o concurso para a área de operação exige ensino médio de escolaridade. A aplicação do questionário de perfil do usuário revelou que a maioria das pessoas tem nível superior incompleto, predominantemente na área das ciências exatas. A distribuição do grau de escolaridade está apresentada no Gráfico 4 a seguir.

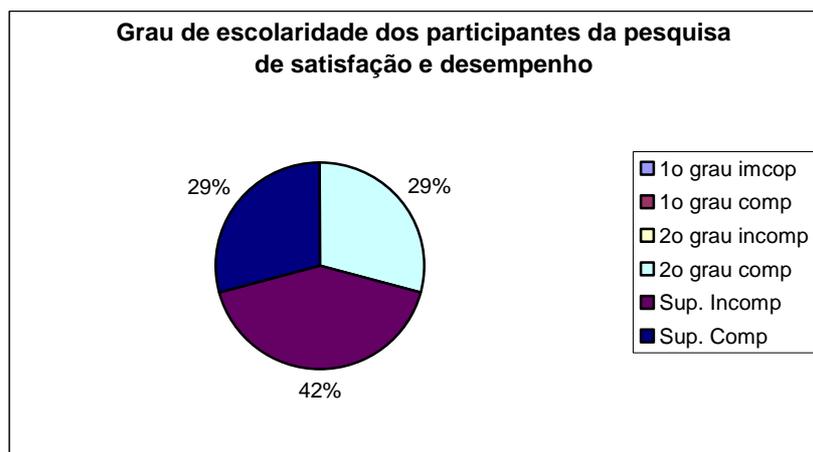


Gráfico 4 – Perfil de grau de escolaridade dos participantes  
Fonte: o autor a partir dos dados coletados

No item tempo de uso da internet a pesquisa revelou que a grande maioria dos participantes da pesquisa já é usuário há mais de cinco anos conforme distribuição mostrada no Gráfico 5, a seguir.

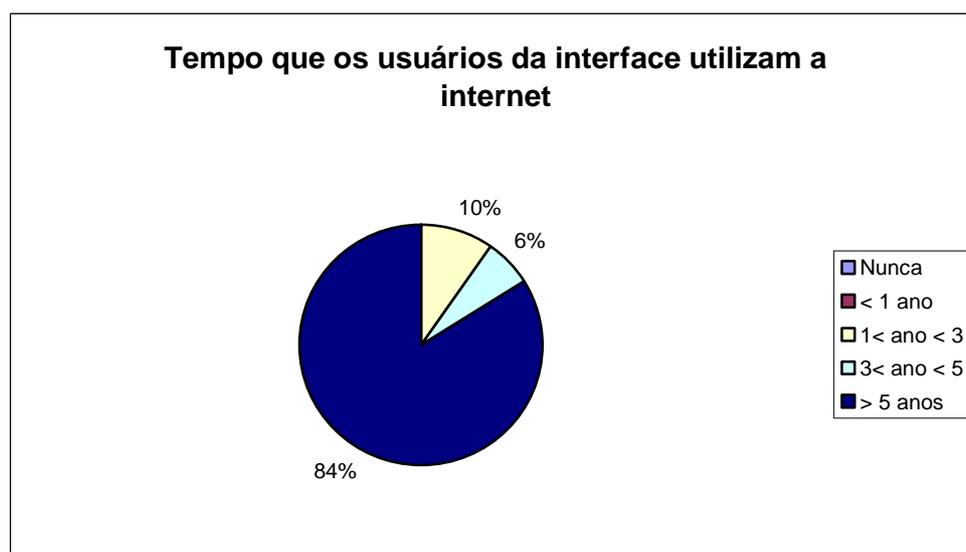


Gráfico 5 – Perfil de tempo de utilização da internet  
Fonte: o autor a partir dos dados coletados

É importante saber a frequência com que os participantes se utilizam da internet, pois isto pode ter influência tanto na satisfação de uso quanto no desempenho do usuário. O gráfico 6, a seguir, mostra que a grande maioria dos usuário acessa a internet no trabalho ou em casa ao menos mais de uma vez por dia.

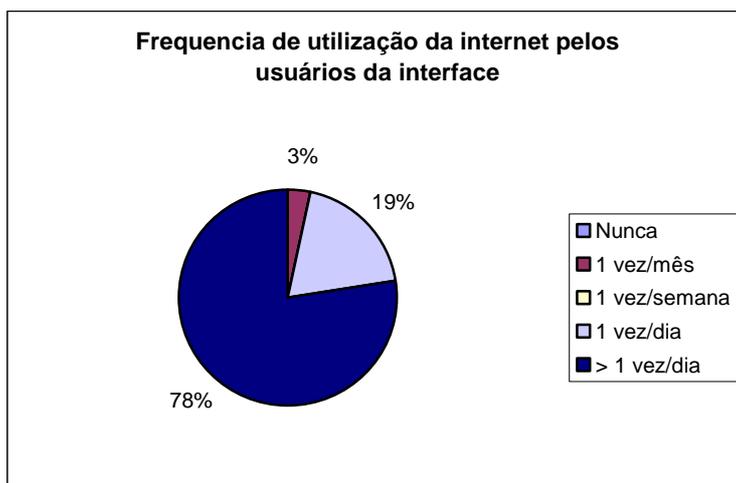


Gráfico 6 – Perfil de frequência de acesso da internet  
Fonte: o autor a partir dos dados coletados

A pesquisa também mostrou que a maioria dos participantes faz o uso contínuo de computador para acesso à internet. A maioria ( 54%) acessa por mais de uma hora por dia conforme distribuição apresentada no Gráfico 7.

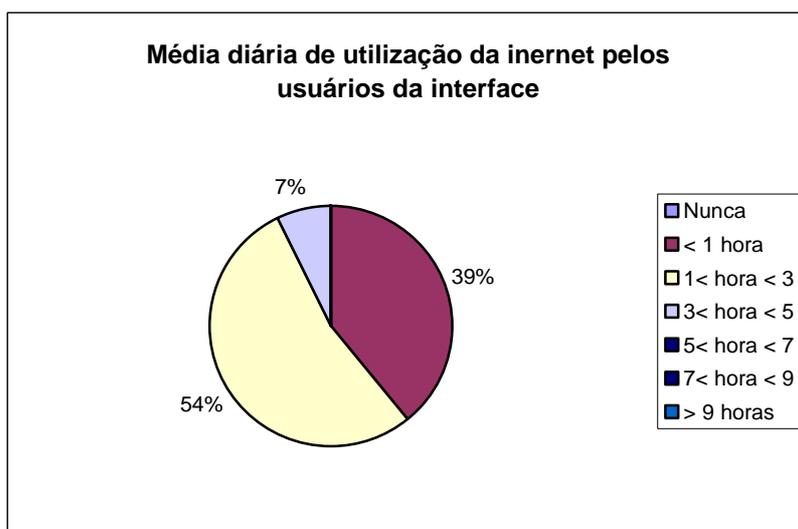


Gráfico 7 – Tempo médio diário de acesso à internet  
Fonte: o autor a partir dos dados coletados

Outro dado que ajudou a traçar um perfil do usuário quanto ao uso de computador e interfaces é a utilização de *e-mail*. O Gráfico 8 mostra que a maioria dos usuários utiliza *e-mail* há mais de cinco anos. Neste item foi esclarecido, durante a entrevista, que a pergunta abrangia tanto e-mail particular como o e-mail disponibilizado pela empresa.

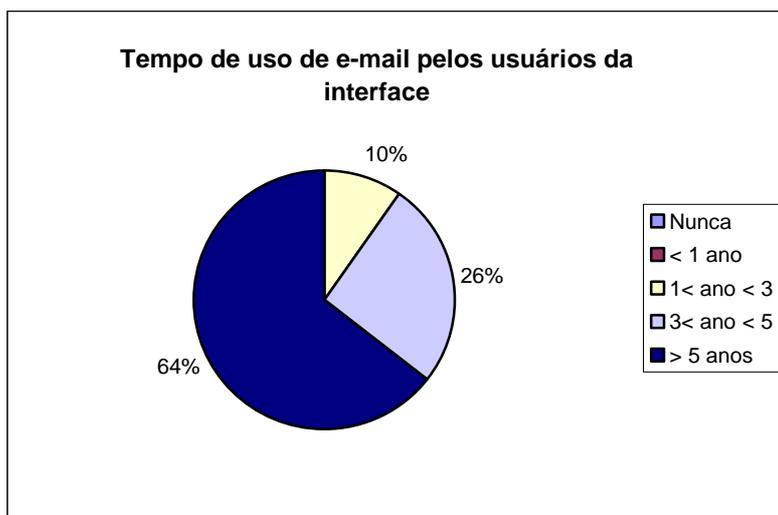


Gráfico 8 – Tempo de uso de e-mail  
Fonte: o autor a partir dos dados coletados

Os resultados acima caracterizam os usuários do ponto de vista de familiaridade com o uso de computadores e interfaces homem-máquina. Esta característica influencia diretamente a medição de atributos de usabilidade conforme já tratado anteriormente neste trabalho.

## 5.2 Satisfação subjetiva

Os resultados obtidos com a aplicação do questionário SUS revelaram um equilíbrio entre os resultados para os operadores com alta experiência conforme pode ser visto no Gráfico 9. Houve apenas três notas abaixo de 50, duas delas concentradas no turno E e uma no turno C. Estas notas foram atribuídas pelos usuários mais experientes e que obtiveram o melhor desempenho na avaliação de desempenho do usuário (operadores E2, E4 e C2) conforme será mostrado mais adiante neste trabalho.

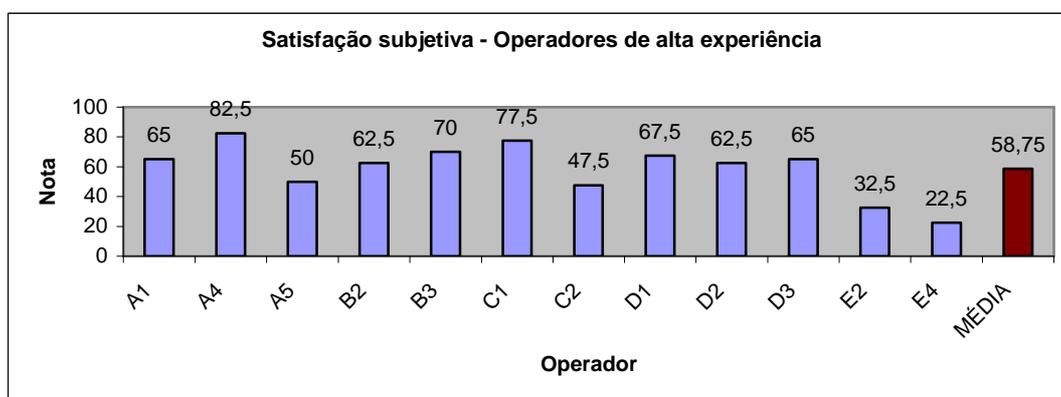


Gráfico 9 – Satisfação dos operadores de alta experiência  
Fonte: o autor a partir dos dados coletados

Para os operadores com média experiência os dados revelaram um equilíbrio ainda maior em torno da média ocorrendo apenas uma nota abaixo de 50 conforme Gráfico. Nesta unidade de análise encontram-se os usuários cujo uso da interface é menos freqüente que o grupo anterior.

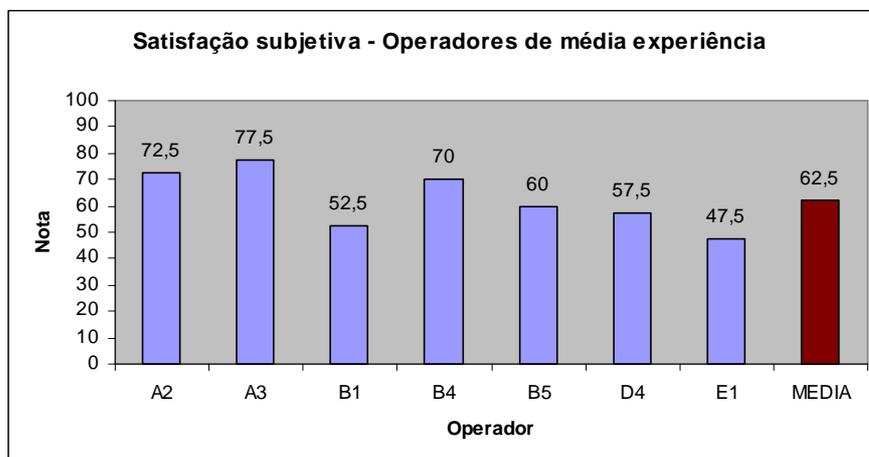


Gráfico 10 – Satisfação dos operadores de média experiência  
Fonte: o autor a partir dos dados coletados

Entre os operadores com baixa experiência, os resultados mostram a menor satisfação entre os grupos de operação conforme mostrado no Gráfico 11. Isto pode estar relacionado ao fato de este grupo estar e menos tempo utilizando a interface e por conseqüência ainda ter uma menor familiaridade com seus recursos e funcionalidades.

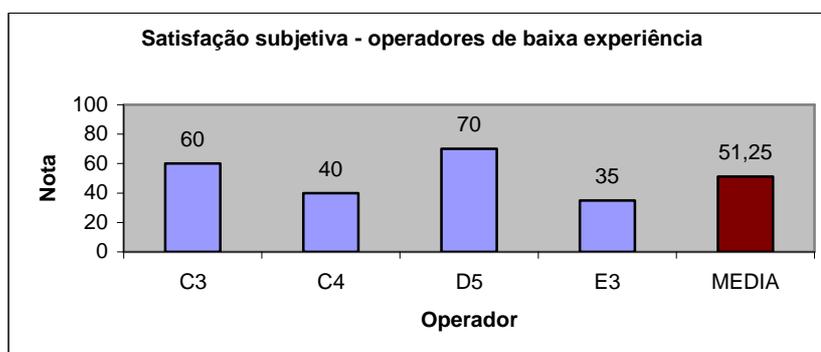


Gráfico 11 – Satisfação dos operadores de média experiência  
Fonte: o autor a partir dos dados coletados

Para as unidades de análise de engenharia e manutenção não houve diferença significativa na avaliação de satisfação subjetiva em função do grau de experiência definido conforme mostrado nos Gráficos 12 e 13 a seguir.

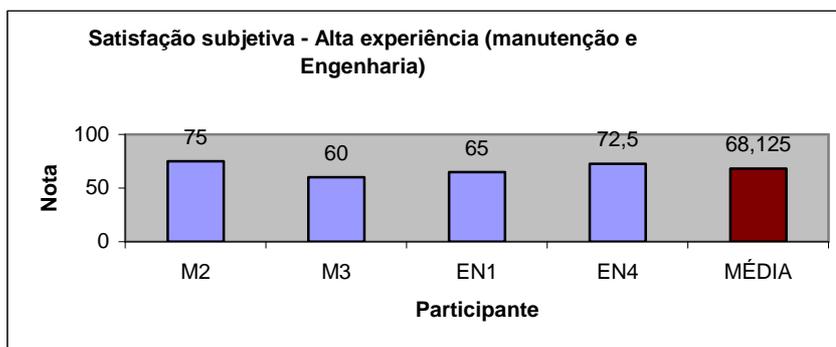


Gráfico 12 – Satisfação do pessoal de manutenção e engenharia de média experiência  
Fonte: o autor a partir dos dados coletados

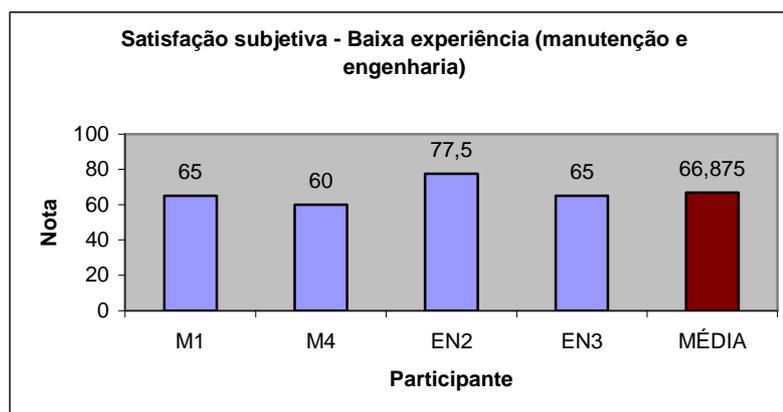


Gráfico 13 – Satisfação do pessoal de manutenção e engenharia de baixa experiência  
Fonte: o autor a partir dos dados coletados

O Gráfico 14, a seguir, mostra as médias da pesquisa de satisfação subjetiva por grau de experiência de uso. Nota-se que não há diferença significativa na satisfação subjetiva em função do grau de experiência no uso.



Gráfico 14 – Médias da satisfação subjetiva por experiência  
Fonte: o autor a partir dos dados coletados

Para todas as unidades de análise as médias da avaliação de satisfação ficaram entre 50 e 70 o que indica uma oportunidade de melhoria na interface.

### 5.3 Desempenho do usuário

Conforme já descrito anteriormente, o desempenho dos usuários selecionados foi medido a partir de três variáveis: eficácia, eficiência temporal e eficiência relativa na execução das 12 tarefas elaboradas.

A eficácia na execução das tarefas está apresentada a seguir no Gráfico 15. As tarefas 1.1 e 1.2 apresentaram a menor eficácia para todos os grupos de operadores. Neste mesmo gráfico nota-se nas tarefas 1.3, 3 e 9 todos os grupos atingiram eficácia de 100%. Ressalta-se no caso da eficácia que o resultado obtido mede se os objetivos foram alcançados e o número de desvios cometidos pelo executante da tarefa não levando em consideração o tempo gasto para a execução da tarefa.

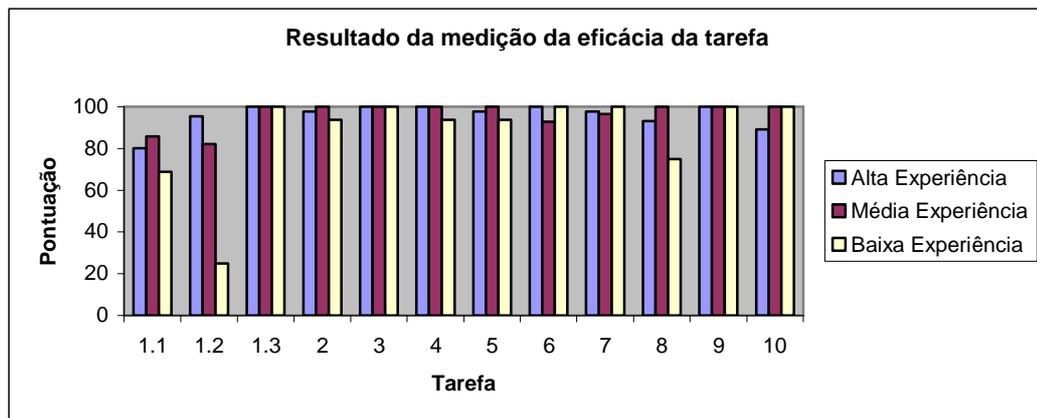


Gráfico 15 – Eficácia da tarefa

Fonte: o autor a partir dos dados coletados

O Gráfico 16 mostra a eficiência medida na execução das tarefas. Neste caso também as tarefas 1.1 e 1.2 apresentaram as menores eficiências para os três grupos. Apenas para estas duas tarefas ocorreram diferenças significativas entre a eficácia do pessoal com baixa experiência e a eficiência dos outros dois grupos.

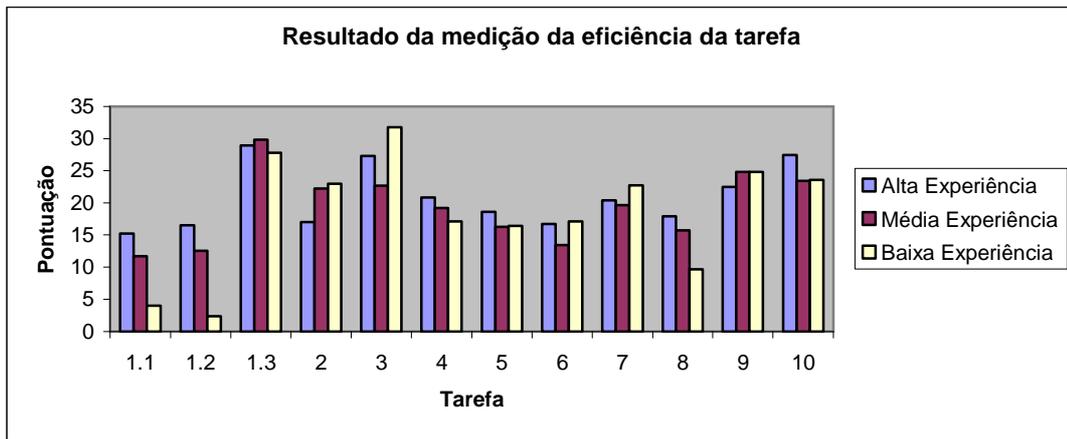


Gráfico 16 – Eficiência da tarefa  
Fonte: o autor a partir dos dados coletados

A eficiência relativa mostrada no Gráfico 17 compara o desempenho dos usuários com o desempenho de um usuário especialista. Os dados mostram que apenas para as tarefas 4 e 6 os usuários tem um desempenho próximo ao especialista. Nas demais tarefas os três grupos de usuários ficaram com desempenho em torno de 50% em relação ao especialista. Este fato pode ser atribuído a dois fatores: necessidade de melhorias na interface ou necessidade de treinamento dos grupos avaliados.

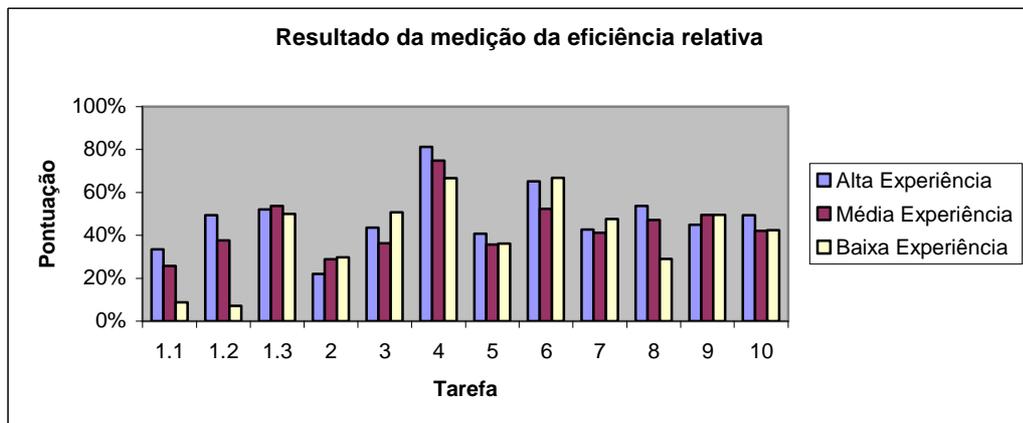


Gráfico 17 – Eficiência relativa  
Fonte: o autor a partir dos dados coletados

Outra abordagem para a apresentação dos dados está apresentada no Gráfico 18. Ele mostra a medição de desempenho dos supervisores.

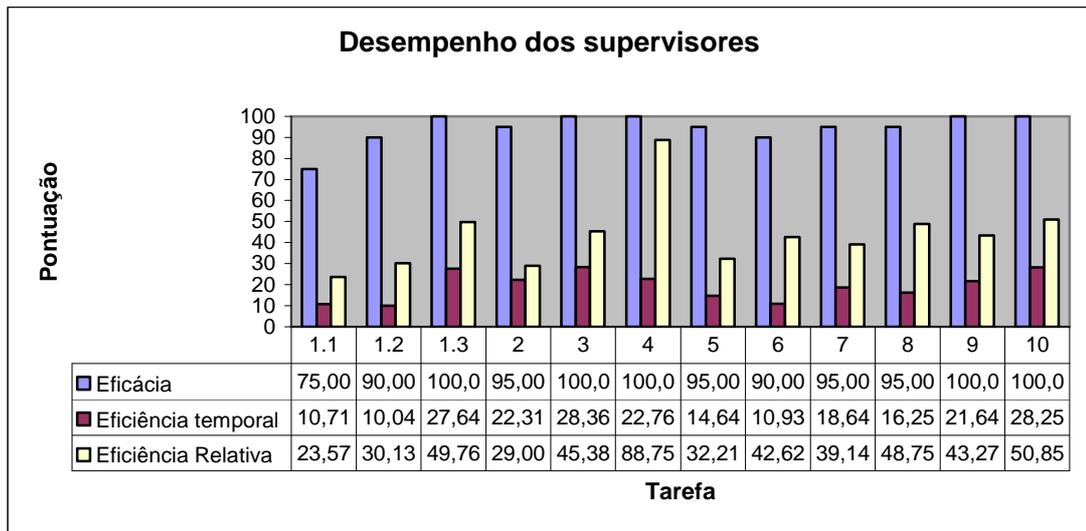


Gráfico 18 – Desempenho dos supervisores de operação

Fonte: o autor a partir dos dados coletados

Este grupo foi escolhido porque seus integrantes são classificados como de alta experiência tanto no uso da interface como no conhecimento da unidade de processo. Entretanto, este grupo não utiliza a interface de maneira contínua e, conforme mostrado no gráfico, apesar de atingirem valores altos de eficácia, a eficiência temporal e eficiência relativa apresentam valores bem abaixo de usuários que utilizam a interface diariamente conforme pode-se constatar através dos Gráficos 19 e 20.

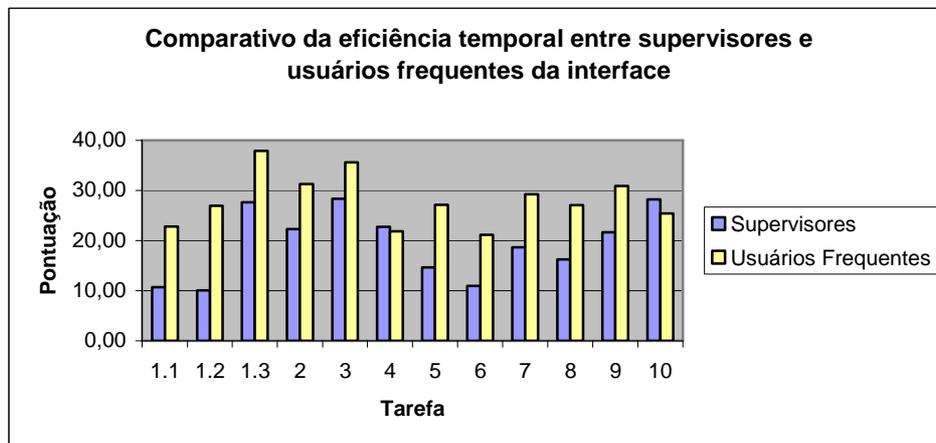


Gráfico 19 – Comparação da eficiência dos supervisores e usuários frequentes

Fonte: o autor a partir dos dados coletados

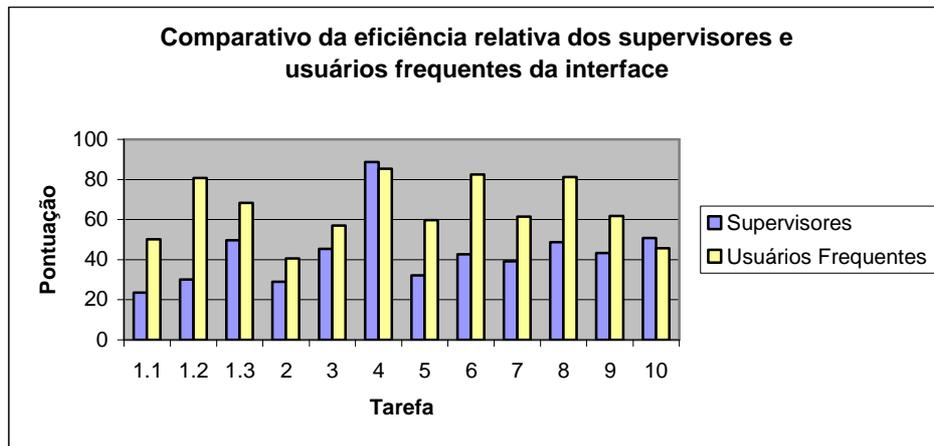


Gráfico 20 – Comparação da eficiência relativa dos supervisores e usuários frequentes

Fonte: o autor a partir dos dados coletados

Os dados apresentados nos dois gráficos acima indicam uma deficiência desta interface no atributo de usabilidade relativo à facilidade de memorização (NIELSEN, 1991). Também se conclui que o conhecimento do processo e da unidade de processo não aumenta o desempenho dos usuários, porém a frequência de uso afeta significativamente o desempenho.

Para uma análise mais abrangente, foi construída a Tabela 3 para mostrar a correlação entre as variáveis consideradas neste estudo.

Tabela 3 – Correlação entre as variáveis consideradas

	Eficácia	Eficiência temporal	Eficiência Relativa	Satisfação subjetiva
Eficácia	1			
Eficiência temporal	0,344	1		
Eficiência Relativa	0,379	0,992	1	
Satisfação subjetiva	0,273	-0,311	-0,311	1
Experiência	0,358	0,316	0,367	0,062

Fonte: o autor a partir dos dados coletados

A interpretação da Tabela 3 corrobora as conclusões já explicitadas anteriormente:

- a. É fraca a correlação entre a experiência e o desempenho do usuário (eficácia, eficiência e eficiência relativa);
- b. Existe uma correlação negativa entre a satisfação subjetiva e o desempenho o que indica que os usuários mais eficientes são os mais insatisfeitos com o sistema conforme mostrado no Gráfico 9 deste trabalho.

De maneira geral, todas as fontes de dados utilizadas convergiram para a mesma direção conforme análise anterior, ou seja, a frequência de uso afeta diretamente o desempenho e os usuários

com melhor desempenho são os mais insatisfeitos com o sistema conforme apresentado no Gráfico 9 deste trabalho.

#### 5.4 Resultados obtidos com a observação participante

Através da observação direta e participante, realizada pelo autor durante as vistas ao Centro Integrado de Controle da unidade e da observação dos comentários feitos por operadores aos técnicos de engenharia e manutenção, foram detectados alguns problemas que influenciam a satisfação e o desempenho dos usuários os quais passamos a descrever a seguir os que foram observados com maior frequência.

O item que percebido com maior frequência está relacionada ao *pop-up* dos controladores das variáveis. Uma vez selecionados estes elementos ocupam uma área muito grande da tela, escondendo a visualização de outras variáveis. Este problema se torna mais crítico em situações de distúrbio operacional nas quais o operador deve atuar de maneira rápida em muitas variáveis. As figuras 27 e 28 mostram a mesma tela antes e depois de selecionado o *pop-up* de um controlador.

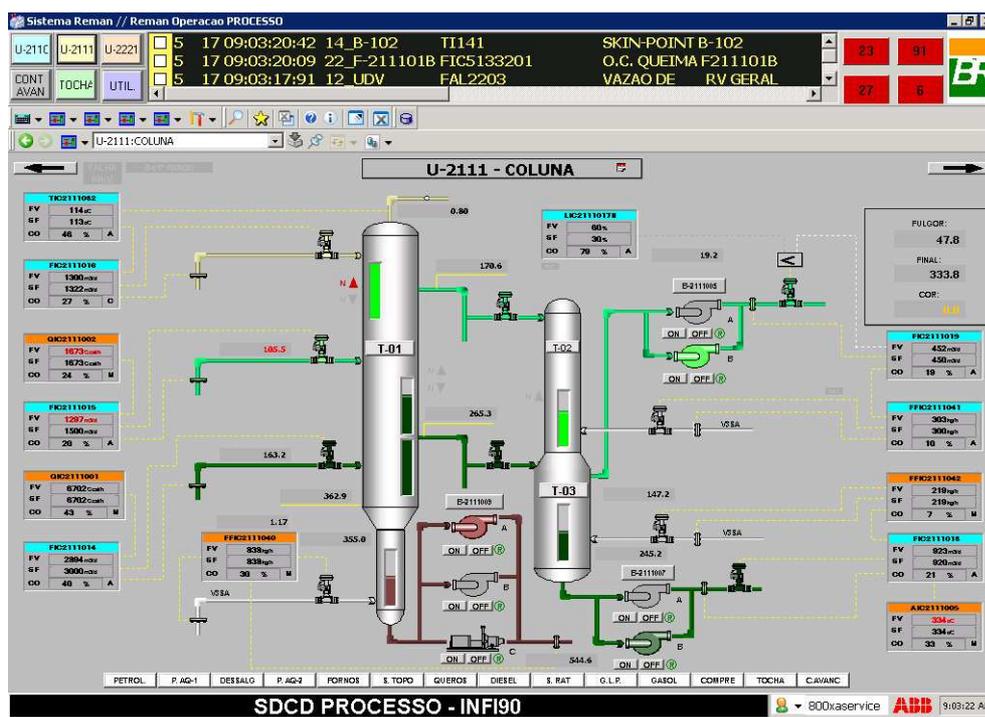


Figura 27 – Tela de operação antes da seleção de um *pop-up* de controlador  
Fonte: sistema 800XA – ABB

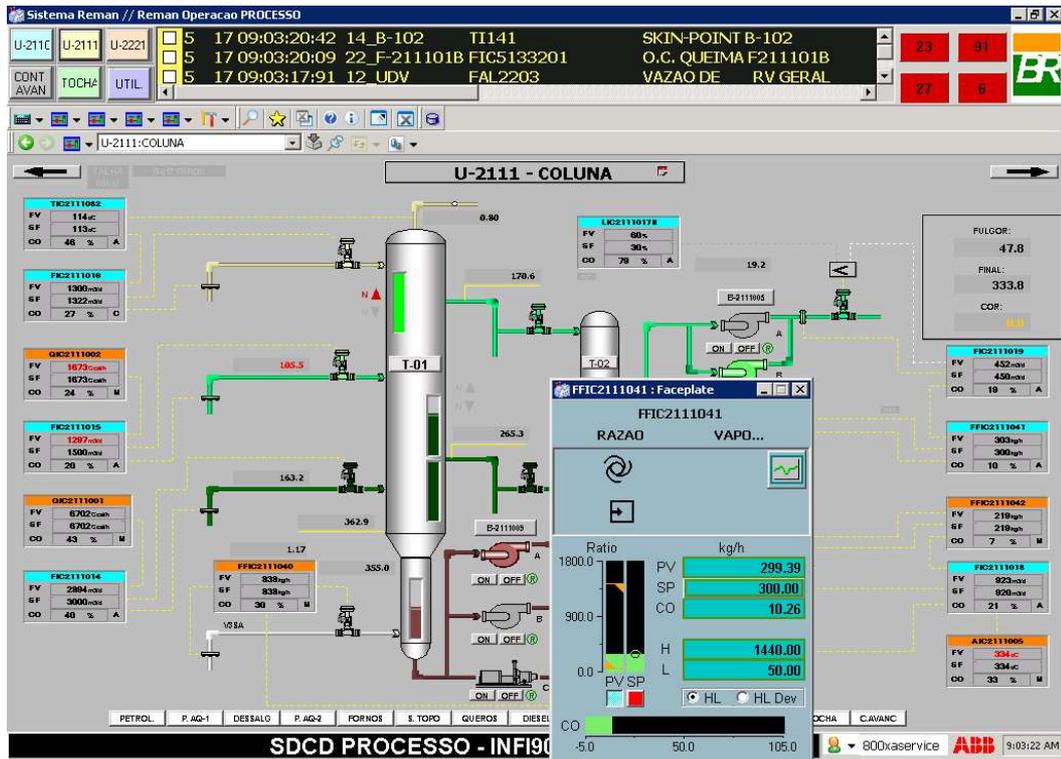


Figura 28 – Tela de operação após a seleção de um *pop-up* de controlador  
Fonte: sistema 800XA – ABB

Foi observado pelo autor que este *pop-up* foi configurado com algumas facilidades que na avaliação dos usuários são desnecessárias por dois motivos: não são constantemente usadas (p. ex. botão de acesso a gráficos de tendência, valores de ajuste de alarmes alto e baixo das variáveis) e causam um aumento nas dimensões deste elemento. Sugere-se que organização estude a possibilidade da implantação de um elemento gráfico mais simples como representado na Figura 29 a seguir que ao ser selecionado não aumente de tamanho e não mude de posição contendo apenas as seguintes funcionalidades: alteração de valor de ajuste da variável controlada e alteração do modo controlador entre automático e manual conforme recomendado em documento emitido pela própria empresa.

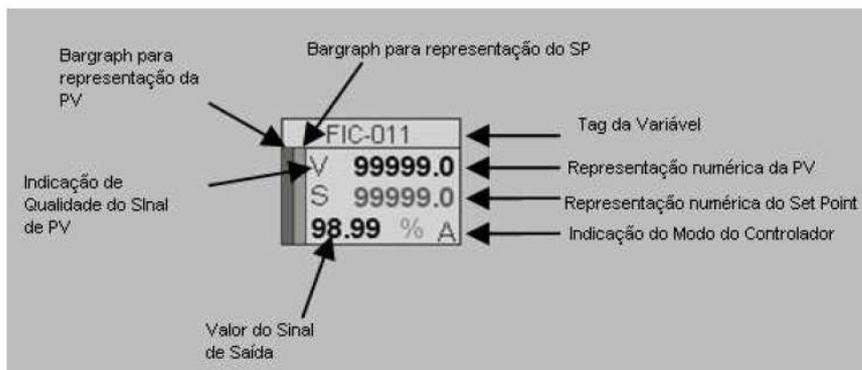


Figura 29 – Sugestão para a representação gráfica dos controladores  
Fonte: MD-5000.00-2000-800-PDI-001. Documento emitido pela empresa.

Outro ponto observado pelo autor foi o campo reservado para a apresentação de alarmes de anormalidades conforme mostrado anteriormente na Figura 17. Este espaço é reduzido e dificulta a visualização dos alarmes. Um fato que corrobora a precisão desta observação é que algum tempo depois de implantado o sistema o corpo técnico da empresa criou uma tela exclusiva de alarmes para auxiliar a operação.

Esta tela, mostrada na Figura 30 a seguir, foi confeccionada em um sistema de banco de dados de variáveis de processo utilizado pela empresa (*Plant Information™*) o qual está sujeito a atrasos na atualização das informações ou perda das mesmas uma vez que este sistema comunica-se por uma via de dados alternativa e por isso mesmo menos confiável que a rede de comunicação do sistema de controle da unidade. Recomenda-se que esta tela seja incorporada à interface da unidade e configurada como um recurso da interface homem-máquina no sistema de controle da unidade e que se disponibilize um monitor exclusivo para esta tela.

DIFERENCIAL BAIXO PV-204	DIFERENCIAL ALTO PV-204	DIFERENCIAL BAIXO LV-206	DIFERENCIAL ALTO LV-206	DIFERENCIAL BAIXO TV-201	DIFERENCIAL ALTO TV-201	PRESSÃO BAIXA REGENERADOR	NÍVEL BAIXO F-3000	NÍVEL ALTO F-3000	NÍVEL ALTO DA BOTA V-211104
PRESSÃO ALTA REGENERADOR	PRESSÃO BAIXA REATOR	PRESSÃO ALTA REATOR	TEMPERATURA BAIXA DE REAÇÃO	TEMPERATURA ALTA DE REAÇÃO	NÍVEL BAIXO CATALISADOR REGENERADOR	NÍVEL ALTO CATALISADOR REGENERADOR	NÍVEL BAIXO F-301	NÍVEL ALTO F-301	PRESSÃO BAIXA AR INSTRUMENTO
NÍVEL BAIXO CATALISADOR REATOR	NÍVEL ALTO CATALISADOR REATOR	NÍVEL BAIXO FUNDO DA F-2201	NÍVEL ALTO FUNDO DA F-2201	VAZÃO BAIXA AR PARA REGENERADOR	VAZÃO ALTA AR PARA REGENERADOR	PRESSÃO BAIXA ÓLEO SIST. HIDRÁULICO	NÍVEL BAIXO F-303	NÍVEL ALTO F-303	PRESSÃO BAIXA ANEL O. COMB. FORNOS
PRESSÃO ALTA ÓLEO SIST. HIDRÁULICO	VELOCIDADE BAIXA PSEUDO-CICLONE	VELOCIDADE BAIXA CICLONE REATOR	ABERTURA DA PV-204 ACIMA DE 50% L. NORTE	ABERTURA DA PV-204 ACIMA DE 50% L. SUL	ABERTURA DA LV-206 ACIMA DE 50%	ABERTURA DA TV-201 ACIMA DE 50%	PRESSÃO BAIXA F-207	PRESSÃO ALTA F-207	NÍVEL ALTO CAIXA 12
VAZÃO BAIXA CARGA UFCC DO TANQUE	VAZÃO BAIXA CARGA UFCC QUENTE	VAZÃO BAIXA DE CARGA GERAL	VAZÃO ALTA DE CARGA GERAL	NÍVEL ALTO DO V-211103	TEMPERATURA BAIXA FASE DENSA	TEMPERATURA ALTA FASE DENSA	PRESSÃO BAIXA F-706/ V-09	PRESSÃO ALTA F-706/ V-09	NÍVEL ALTO V-211101
TEMPERATURA BAIXA FASE DILUÍDA	TEMPERATURA ALTA FASE DILUÍDA	TEMPERATURA ALTA FUEL -GÁS	PRESSÃO BAIXA VAPOR DE STRIPAGEM U-2111	TEMPERATURA ALTA DO AR P/ REGENERADOR	TEMPERATURA BAIXA DA CARGA PARA O RISER	TEMPERATURA ALTA DA CARGA PARA O RISER	FALHA COMPRESSOR 2º ESTAGIO	PRESSÃO ALTA (VÁCUO) TOPO DA F-2201	NÍVEL BAIXO V-2111011
PRESSÃO BAIXA DE O.C PARA FORNO F-222101	PRESSÃO ALTA DE O.C PARA FORNO F-222101	PRESSÃO ALTA FILTRO DE AREIA F-3314	PRESSÃO ALTA GÁS ÁCIDO F-3313	TEMPERATURA ALTA TOPO F-205	NÍVEL BAIXO FUNDO F-205	NÍVEL ALTO F-207	PRESSÃO BAIXA TOPO DA F-101	PRESSÃO ALTA TOPO DA F-101	VAZÃO BAIXA SODA CAÚSTICA P/ V-2111010
NÍVEL ALTO CONDENSADO F-706 (LI-040)	NÍVEL ALTO CONDENSADO F-706 (LI-041)	PRESSÃO BAIXA CRU EP-101C	PRESSÃO ALTA CRU EP-101C	NÍVEL BAIXO DO V-211001	NÍVEL ALTO DO V-211001	VAZÃO BAIXA DE PETRÓLEO DA U-2110	VAZÃO ALTA DE PETRÓLEO DA U-2110	VAZÃO BAIXA DE PETRÓLEO P/ FORNOS B-101/102	PRESSÃO ALTA DA CÂMARA F-211101A
VAZÃO ALTA DE PETRÓLEO P/ FORNOS B-101/102	DIFERENCIAL BAIXO O.C/ VAPOR FORNO B-101	DIFERENCIAL ALTO O.C/ VAPOR FORNO B-101	DIFERENCIAL BAIXO O.C/ VAPOR FORNO B-102	DIFERENCIAL ALTO O.C/ VAPOR FORNO B-102	PRESSÃO ALTA CÂMARA B-101	PRESSÃO ALTA CÂMARA B-102	NÍVEL BAIXO FUNDO DA T-211101	TEMPERATURA ALTA TOPO F-101	PRESSÃO ALTA DA CÂMARA F-211101B
NÍVEL BAIXO FUNDO DA F-101	NÍVEL ALTO FUNDO DA F-101	VAZÃO BAIXA DE PETRÓLEO DA U-2111	PRESSÃO BAIXA DE PETRÓLEO DL-211101A/B	PRESSÃO ALTA DE PETRÓLEO DL-211101A/B	ABERTURA >30% VALVULA DIESEL T-211103		GLP DA U-2111 (INTEMP. ALTO)	GLP DA U-2221 (INTEMP. ALTO)	NÍVEL BAIXO DA F-3309 (DEA)

Figura 30 – Tela de alarmes criada após a implantação do sistema.

Fonte: Sistema *Plant Information™*

Finalizando, outra oportunidade de melhoria diz respeito aos botões de navegação. A interface possui alguns botões que permitem a navegação entre telas e entre unidades de maneira rápida. Entretanto, durante a execução das tarefas para a medição de desempenho do usuário foi

constatado uma hesitação por parte de alguns usuários entre o uso dos botões de navegação na parte inferior da tela e os botões presentes no interior da representação de alguns equipamentos conforme mostrado na Figura 31.

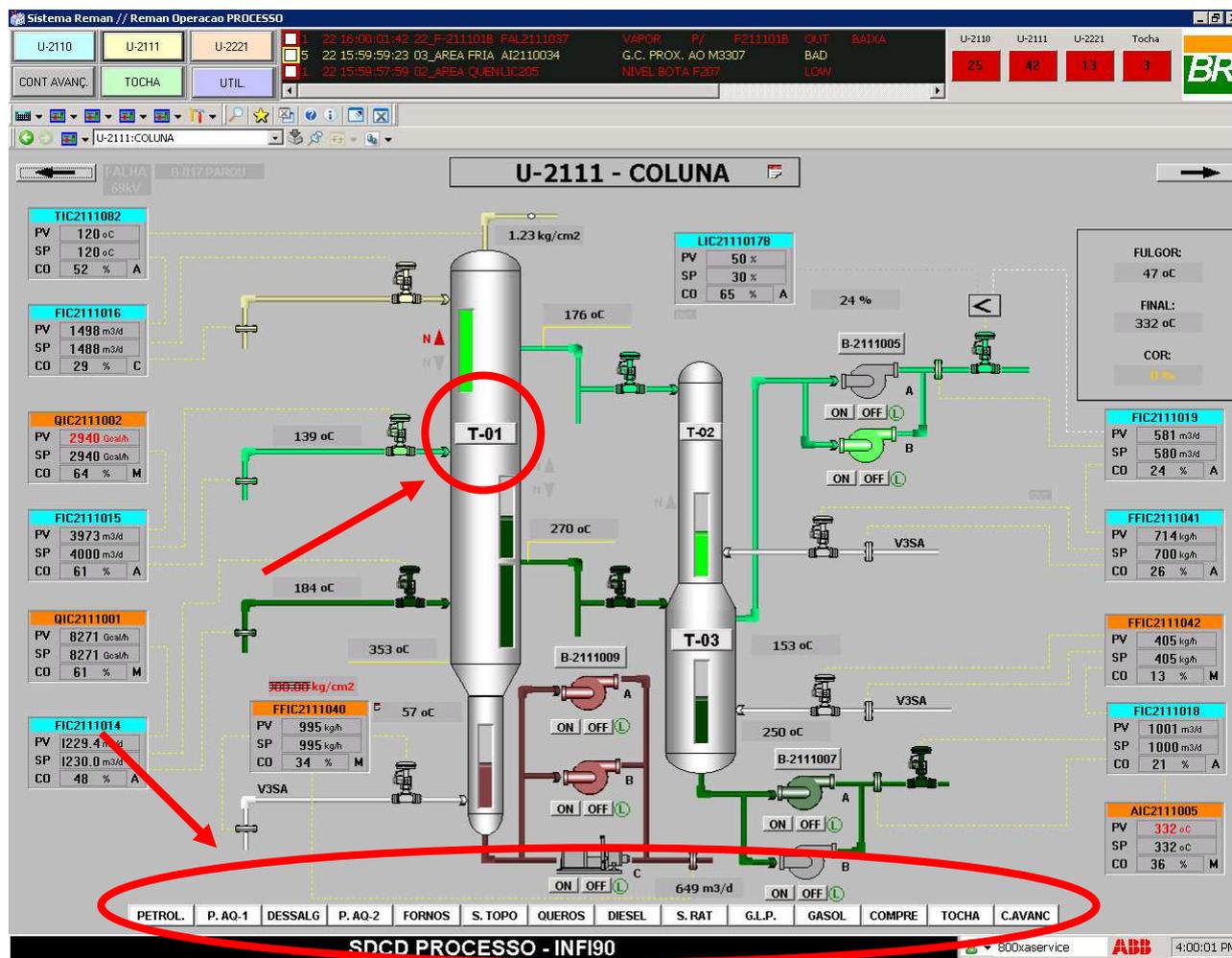


Figura 31 – Diferença entre botões de navegação em equipamento e tela  
Fonte: sistema 800XA – ABB

Um fator que agrava a deficiência descrita acima e que causa diminuição na eficiência no uso, mostrado na Figura 32, é fato de num mesmo equipamento estar presente o número de identificação do equipamento e o botão de navegação que permite acessar outro equipamento o que confunde o operador na identificação do equipamento que se pretende acessar.

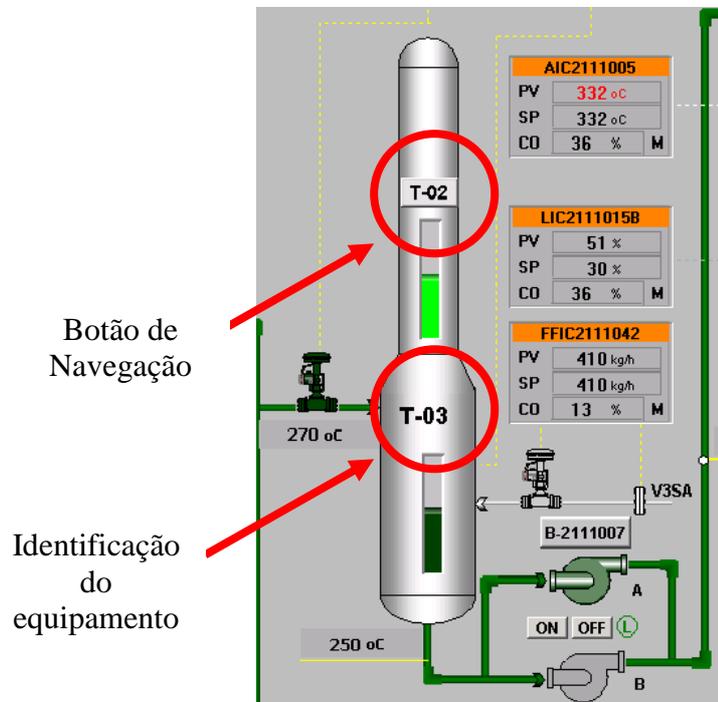


Figura 32 – Diferença entre botões de navegação no mesmo equipamento  
Fonte: sistema 800XA – ABB

Esta seção apresentou os resultados obtidos através dos procedimentos adotados para a coleta de dados bem como a interpretação dos mesmos. De forma a garantir a validade do constructo, conforme a boa prática recomendada para o estudo de caso buscou-se obedecer aos três princípios básicos para a coleta de dados segundo Yin (2005): utilização de várias fontes de evidência, construção de um banco de dados, conforme descrito na seção 4.4, e estabelecimento do encadeamento de evidências. A seguir serão apresentadas as conclusões finais deste estudo.

## 6 CONCLUSÃO

Nesta seção serão apresentadas as conclusões deste trabalho em consonância com os objetivos específicos e geral propostos para esta pesquisa. Também serão apontadas sugestões de modificações na configuração da interface que, se executadas, podem proporcionar melhorias nos atributos de usabilidade da mesma.

A revisão dos objetivos específicos mostra que eles foram atendidos, conforme análise a seguir.

1. **Identificar na literatura os padrões atualmente usados para a avaliação da usabilidade de interfaces homem-máquina:** a fundamentação teórica apontou os métodos disponíveis na literatura para a avaliação de satisfação do usuário e desempenho bem como os principais autores dedicados ao estudo da usabilidade e seus principais atributos. Da pesquisa bibliográfica e documental foram selecionados os questionários de perfil do usuário, o *System Usability Scale* –SUS para a avaliação de satisfação subjetiva e o método preconizado pelo MUSic para a avaliação de desempenho do usuário. Estes métodos mostraram-se adequados para a avaliação pretendida uma vez que permitiram a avaliação de desempenho e satisfação de maneira rápida e fornecendo dados concretos que permitiram as demais conclusões apresentadas a seguir relativas ao objeto do estudo.
2. **Realizar a avaliação de satisfação subjetiva e medir o desempenho dos usuários da interface homem-máquina:** através dos métodos acima descritos a seção 5 deste trabalho apresentou os resultados da medição de satisfação e desempenho do usuário bem como a análise dos dados obtidos. Nesta parte do trabalho, constatou-se que para as unidades de análise não há uma diferença significativa na satisfação subjetiva no uso da interface. Entretanto, para todos os grupos de usuários foi constatado que as notas de satisfação ficaram entre 50 e 70 o que indica que ainda há espaço para a promoção de melhorias que possibilitarão o aumento da satisfação.

A medição do desempenho dos usuários mostrou um equilíbrio entre os grupos de análise divididos por experiência. Comparando-se o desempenho de usuários frequentes do sistema a um grupo de usuários, que apesar de experientes no uso do sistema, não estão fazendo o uso contínuo da interface verificou-se uma diferença muito grande no desempenho estando os usuários eventuais com desempenho bem inferior.

Outra constatação da medição de desempenho é obtida quando se compara o desempenho dos usuários com o desempenho do especialista. Observa-se uma grande diferença para menor entre o usuário comum e o especialista. Esta diferença indica duas coisas: necessidade de melhorias no sistema e necessidade de treinamento para os usuários.

3. **Identificar oportunidades de melhoria que diminuam a carga mental de trabalho, a probabilidade de erro e aumentem a segurança nas operações:** a observação participante apontou a memorização e a eficiência no uso da interface como sendo os principais atributos nos quais melhorias devem ser executadas. Como destaques para a execução de melhorias na usabilidade estão as modificações dos *pop-up* dos controladores, a padronização dos botões de navegação entre telas da mesma unidade e padronização da exibição dos alarmes de variáveis.
4. **Sugerir para a organização melhorias nas telas desta unidade:** para a melhoria nos atributos de usabilidade da interface, descritos no item anterior, sugere-se que a empresa estude a viabilidade de implementar as seguintes ações:
  - a. Mudança no *pop-up* dos controladores das variáveis disponibilizando apenas as funções necessárias para as operações rotineiras e reduzindo o seu tamanho na tela conforme descrito na seção 5 deste trabalho;
  - b. Instalação de monitores em tamanho maior que os das consoles de operação para a indicação dos alarmes de variáveis de processo. Esta tela deve fazer parte do sistema de controle e utilizar a indicação das variáveis diretamente deste sistema evitando interfaces intermediárias;
  - c. Implantação de um sistema de racionalização de alarmes de processo de forma a diminuir a quantidade de alarmes simultâneos. Estes alarmes, que hoje são unificados, devem ser segregados de forma que cada console só acesse os alarmes das áreas que está controlando.
  - d. Recomenda-se que a empresa estude um rodízio entre os técnicos de operação de campo e operadores de console de forma a reduzir o tempo em que cada operador passa sem utilizar a console. Esta recomendação visa diminuir a queda no desempenho após períodos prolongados sem uso do sistema.
  - e. Recomenda-se também que a empresa estude a implantação de simuladores de processo para treinamento dos operadores e prática continuada das operações de rotina e emergência;

- f. Conforme apresentado na seção 5, sugere-se que sejam padronizados os botões de navegação entre as telas priorizando a sua colocação na parte inferior da tela e evitando o posicionamento destes botões no interior dos símbolos de equipamentos.

A proposição inicial de avaliação dos atributos da interface foi atendida bem como foi cumprida a proposição deste estudo de caso na medida em que ficaram explicitadas quais as conseqüências da atual configuração deste sistema na satisfação e desempenho do usuário.

Como sugestão para futuros trabalhos, sugere-se a extensão deste estudo para as demais unidades desta empresa bem como, além da medição de satisfação e desempenho, a inclusão da avaliação da carga mental de trabalho e estabelecimento de uma relação entre estas três medidas. Também sugere-se um estudo que compare o desempenho de usuários em unidades que possuem simuladores para treinamento do pessoal de operação com o desempenho de usuários das unidades que não dispõem deste recurso.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABNT. **Engenharia de software – Qualidade de produto**. Parte 1: Modelo de qualidade. NBR ISO/IEC 9126-1. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.
- ANDRADE, A. A., SARTORI, C. R. F., H., COSTA, V. L., FREITAS, M., ROTHEN, T., D'ANGELO, H.V.J. **Implementação de controle avançado e otimização no processo de caustificação**. In: revista O PAPEL, vol. 70, num. 11, p. 66-77, 2009.
- BANGOR, A. L., KORTUM, P.T., MILLER, J.T.: **An Empirical Evaluation of The System Usability Scale**. *International Journal of Human-Computer Interaction*. **24**, p. 574-594, 2008.
- BASTIEN, J.M.C.; SCAPIN, D.L. **Human factors criteria, principles, and recommendations for HCI: methodological and standardization issues**. França: INRIA, 1991.
- BEVAN, N. **Cost-effective user-centred design based on ISO13407**. Tutorial notes. UPA'2002, Orlando, Florida. July, 2002.
- BROOKE, J. **SUS – A quick and dirty usability scale**. In: Jordan, P.W. et al., *Usability Evaluation in Industry*, pp. 189-94. London, Taylor & Francis, 1996.
- CAULTON, D. A. **Relaxing the homogeneity assumption in usability testing**. *Behaviour & Information Technology*, vol. 20, nº 1, 1-7, 2001.
- CENELEC. Comité Européen de Normalisation Electrotechnique. Railway applications – Safety Related Electronic Systems for Signalling -ENV 50129. . May, 1998.
- CHAN, S.; ROCHA, H. V.. **Estudo Comparativo de Métodos para Avaliação de Interfaces Homem-Computador**. São Paulo, 1996.
- CONSTANTINE, L. L., and Lockwood, L. A. D. **Software for use: a practical guide to the model and methods of usage-centered design**, 2 ed., New York, ACM Press, August, 1999.
- CYBIS, Walter; BETIOL, Adriana Holtz e FAUST, Richard. **Ergonomia e usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações**. São Paulo: Novatec, 2007. 144p.
- EEMUA. **Process plant control desk utilizing human-computer interfaces: a guide to design, operational and human interfaces issues**. Publication 201. London: EEMUA, 2002.
- FOUST, A. S. *et al.* **Princípios das Operações Unitárias**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982.
- HARPER, B.; SLAUGHTER, L. e NORMAN, K. (1997). **Questionnaire administration via the WWW: a validation and reliability study for a user satisfaction questionnaire**. In: WebNet 97 - Association for the Advancement of Computing in Education, Toronto, 1997.
- HEWETT, T.T. *et al.* **Curricula for Human-Computer Interaction**. New York: ACM SIGCHI, 1992.

HOLTZ., A. B., O. **Avaliação de usabilidade para os computadores de mão: um estudo comparativo entre três abordagens para ensaios de interação.** Tese de Doutorado-Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004.

IEC. International Electrotechnical Commission. **Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems**, Part1 to 7, version 1.0, IEC 61508. 1997.

ISO. **Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs).** Part 11 Guidance on Usability. ISO 9241-11. Switzerland: ISO, 1998.

JORDAN, Patrick W. **An Introduction to Usability.** London, UK: Taylor & Francis, 1998.

JEFRIES, R.; MILLER, J.;WHARTON, C.; UYEDA , K.: **User Interface Evaluation in the Real World: A Comparison of Four Techniques.** In *ACM CHI 1991 Conference Proceedings*, p. 119-124.

KIRAKOWSKI, J. **The use of Questionnaire methods for usability assessment. SUMI backgroundreading**,(1994). Disponível em: [www.ucc.ie/hfrg/questionnaires/sumi/sumipapp.html](http://www.ucc.ie/hfrg/questionnaires/sumi/sumipapp.html). Acesso em: 10 de mar. 2010).

MACLEOD, M., BOWDEN, R., BEVAN, N., CURSON, I. **The MUSiC performance measurement method.** Behaviour & Information Technology, vol. 16, nº 4/5, 279-293. 1997.

McGREGOR, J, D. **The Parallel Architecture for Component Testing.** Journal of Object-Oriented Programming, May, 1997.

MAYHEW, D.J. **The Usability Engineering Lifecycle.** San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1999.

McCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOTT, P. **Unit Operations of Chemical Engineering.** 7<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill, 2004.

MORAN, T. **The Command Language Grammar: a representation for the user interface of interactive computer systems.** International Journal of Man-Machine Studies, 15, 3-50.

NORMAN, D. **Cognitive Engineering.** In: NORMAN, D., DRADER, S. (Ed.). User Centered System Design. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1986. p.31-61.

NIELSEN, J.: **Finding Usability Problems Through Heuristic Evaluation.** In *ACM CHI 1992 Conference Proceedings*, pp. 373-380.

NIELSEN, J. **Usability Engineering.** Boston, MA: Academic Press, 1991.

NIELSEN, J; MOLICH ,R: **Teaching User Interface Design Based on Usability Engineering.** In *ACM SIGCHI Bulletin*, July 1989, volume 21, number 1, pp. 45-48.

NIELSEN, J. **Noncommand user interfaces.** Communications of the ACM 36, 4, 83-89, April, 1993a.

- NIELSEN, J. Landauer, T.K. **A mathematical model of the finding of usability problems.** INTERCHI'93. Amsterdam, the Netherlands, 24-29 April, 1993b.
- NIELSEN, J. *Heuristic Evaluation. Usability Inspection Methods.* John Wiley & Sons, New York, NY, 1994.
- PERRY, R. H.; Green, D. W.; Maloney, J. O. *Perry's Chemical Engineer's Handbook.* 8<sup>th</sup> ed. Kansas: McGraw-Hill, 2007.
- PREECE, J. *Human-Computer Interaction.* New York, NY: Addison-Wesley Publishing Company, 1994
- PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software.** 1ed., São Paulo: Makron Books, 1995.
- QUESENBERY, W. **What does usability mean: Looking beyond 'ease of use'.** In: 48th Annual Conference Society for Technical Communication. Chicago, 2001.
- QUIS - **Questionnaire for User Interaction Satisfaction.** Disponível em: <http://www.cs.umd.edu/hcil/quis/>. Acesso em: 15 nov. 2009).
- SCHAFFER, Eric. **Institutionalization of usability: a step-by-step guide.** Boston, MA: Addison-Wesley, 2004. 104p.
- SHACKEL, B. **Ergonomics in design for usability.** In: HCI 86 Conference on People and Computer. New York: Cambridge University Press, 1986.
- SHNEIDERMAN, B. **Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction.** 1. ed. EUA: Addison Wesley, 1998.
- TREU, S.: **User Interface Evaluation: A Structured Approach.** Plenum Press, USA, 1994.
- VERGARA, S. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração.** 10 ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- WALAS, S. M. **Chemical Process Equipment: Selection and Design.** Massachusetts: Butterworth-Heinemann, 1990.
- WILLIAMSON, G.F. **Software Safety and Reliability: IEEE Potentials,** v.16, n.4,p.12-16, October/November 1997.
- WOOLRYH, A., COCKTON, G. **Why and when five test users aren't enough.** Proceedings of IHM-HCI 2001 Conference. Toulouse, France, 2001.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e métodos.** Porto Alegre: Bookman, 2005.
- SUS - **System Usability Scale.** Disponível em: <http://www.usabilitynet.org/trump/documents/Suschapt.doc>. Acesso em: 15 nov. 2009.

SUMI – **Software Usability Measurement Inventory**. Disponível em:  
<http://www.ucc.ie/hfrg/questionnaires/sumi/>. Acesso em: 15 nov. 2009.

VIRZI, R. A. **Refining the test phase of usability evaluation: how many subjects is enough?**  
Human Factors 34 (4), 1992.

## **APÊNDICE A – Carta aos participantes**

Prezado Senhor,

A presente carta tem por objetivo convidá-los a participar da fase de coleta de dados da pesquisa para a avaliação de usabilidade nas telas de operação da unidade de destilação atmosférica U-2111.

Esta etapa está dividida em duas atividades distintas, cuja vossa participação é fundamental como usuário das consoles de operação da refinaria. A primeira fase consistirá na avaliação do seu perfil e familiaridade com computadores e na pesquisa da satisfação no uso das telas de operação objeto deste estudo. A segunda fase consistirá na avaliação do seu desempenho no uso da interface através da realização de seis tarefas comumente realizadas com esta interface homem-computador e a cronometragem das mesmas.

O projeto completo, o protocolo com o detalhamento das atividades, bem como uma apresentação aos participantes será disponibilizada nos anexos a esta carta para facilitar o entendimento dos conceitos e a execução das tarefas.

A vossa participação é voluntária e as suas informações pessoais bem como seus dados de desempenho serão tratados com sigilo e apresentados apenas ao senhor caso julgue necessário.

Por fim, ressaltamos a importância da vossa participação para o sucesso da pesquisa e conseqüentemente na melhoria das telas de operação desta unidade.

Desde já agradecemos a colaboração.

## APÊNDICE B – Apresentação aos participantes

### USABILIDADE

Conjunto de atributos relacionados à eficiência, eficácia e satisfação dos usuários durante a realização de determinadas tarefas num contexto definido (ISO 9241-11)

Segundo Nielsen (1991):

- ✓ Facilidade de aprender
- ✓ Eficiência de uso
- ✓ Memorização
- ✓ Poucos Erros
- ✓ Satisfação

Segundo Jordan (1998):

- ✓ Aprendizagem
- ✓ Desempenho do usuário experiente
- ✓ Potencial do sistema
- ✓ Re-usabilidade

### OBJETIVO GERAL

Estudar a usabilidade nas telas de operação das consoles de uma unidade de destilação atmosférica de petróleo situada em Manaus.



### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar na literatura os padrões atualmente usados para a avaliação da usabilidade de interfaces homem-máquina;
- ✓ Analisar entre os modelos identificados os mais adequados à avaliação proposta neste trabalho;
- ✓ Diagnosticar o nível de aderência da configuração das telas de operação da unidade em relação aos modelos adotados para a avaliação;
- ✓ Identificar oportunidades de melhoria que diminuam a probabilidade de erro e aumentem a segurança nas operações;
- ✓ Identificar elementos que contribuam para a redução da carga mental de trabalho do pessoal de operação de console;
- ✓ Sugerir à organização melhorias nas telas desta unidade.

### JUSTIFICATIVA (API 770, 2001)

- ✓ A maior concentração de informações em uma interface homem-máquina aumenta o esforço mental do operador para gerenciá-las;
- ✓ O grande volume de informações aliada a fatores fisiológicos aumenta a probabilidade do erro humano;
- ✓ Erros de operação causam prejuízos financeiros de várias formas:
  - ✓ Operação de equipamentos fora dos parâmetros de projeto com o conseqüente aumento da taxa de falha e redução de vida útil;
  - ✓ Acidentes industriais com danos a equipamentos e lucro cessante;
  - ✓ Perdas de vidas humanas.
- ✓ Interfaces com um nível adequado de usabilidade reduzem a carga mental de trabalho, reduzem a taxa de erro durante sua utilização, aumentam a confiabilidade e a segurança nas operações.

### METODOLOGIA

#### PROTOCOLO PARA O ESTUDO DE CASO

- ✓ Visão geral do projeto do estudo de caso;
- ✓ Procedimentos de campo;
- ✓ Questões do estudo de caso.

### METODOLOGIA (continuação)

#### COLETA DE DADOS

##### DADOS PRIMÁRIOS:

- ✓ Participantes do desenvolvimento da interface;
- ✓ Operadores experientes;
- ✓ Operadores de média experiência;
- ✓ Operadores iniciantes no uso da interface;
- ✓ Pessoal de manutenção e engenharia.

##### DADOS SECUNDÁRIOS:

Coletados através de pesquisa bibliográfica utilizados como padrão de comparação para os dados obtidos.

### METODOLOGIA (continuação)

#### Medidas de Satisfação:

Questionário de Perfil do Usuário;  
Questionário de Satisfação Subjetiva (SUS – System Usability Scale);

#### Medidas de eficiência no Uso:

Seis tarefas a serem executadas que serão cronometradas.

### SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES - OPERAÇÃO

OPERADOR		EXPERIÊNCIA		
		A	M	I
A	Operador A1			
	Operador A2			
	Operador A3			
B	Operador B1			
	Operador B2			
	Operador B3			
C	Operador C1			
	Operador C2			
	Operador C3			
D	Operador D1			
	Operador D2			
	Operador D3			
E	Operador E1			
	Operador E2			
	Operador E3			
TOTAL		10	3	4
TOTAL PERCENTUAL		37,2%	10,8%	11,6%

### SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES – MANUTENÇÃO/ENGENHARIA

PESSOAL DE MANUTENÇÃO			
EMPREGADO	EXPERIÊNCIA		
	A	M	B
M1			
M2			
M3			
M4			

PESSOAL DE ENGENHARIA			
EMPREGADO	EXPERIÊNCIA		
	A	M	B
E1			
E2			
E3			
E4			

### QUESTIONÁRIO DE PERFIL DO USUÁRIO

Opinião sobre Perfil de Usuário

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

Profissão: \_\_\_\_\_

Atividade: \_\_\_\_\_

1. Como você se considera?

1.1. Muito bom

1.2. Bom

1.3. Regular

1.4. Ruim

1.5. Muito ruim

2. Quanto tempo você trabalha na área de manutenção/manutenção de sistemas?

2.1. Menos de 1 ano

2.2. De 1 a 3 anos

2.3. De 3 a 5 anos

2.4. De 5 a 10 anos

2.5. Mais de 10 anos

3. Qual o seu nível de conhecimento sobre o sistema?

3.1. Não sei nada

3.2. Pouco conhecimento

3.3. Conhecimento intermediário

3.4. Bom conhecimento

3.5. Muito bom conhecimento

4. Como você avalia o sistema em termos de usabilidade?

4.1. Muito ruim

4.2. Ruim

4.3. Regular

4.4. Bom

4.5. Muito bom

5. Quanto tempo você leva para realizar as tarefas do sistema?

5.1. Muito pouco tempo

5.2. Pouco tempo

5.3. Tempo razoável

5.4. Muito tempo

5.5. Não sei

### QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO SUBJETIVA

Questionário de Satisfação do usuário SUS - System Usability Scale

Enunciado	Escala de Satisfação (de 1 a 5)				
	1 (Totalmente discordo)	2	3	4	5 (Totalmente concordo)
1. Aprendo com facilidade a usar este sistema computacional.					
2. Tenho a certeza de não cometer erros ao operar este sistema.					
3. Tenho que trabalhar muito duro para usar este sistema.					
4. Eu gostaria que tivesse mais opções para usar este sistema.					
5. Tenho que aprender muitas coisas antes de poder trabalhar com este sistema.					
6. Quando estou aprendendo a usar este sistema, sinto-me frustrado.					
7. Quando eu preciso aprender coisas novas sobre este sistema, sinto-me inseguro.					
8. Quando eu preciso aprender coisas novas sobre este sistema, sinto-me confiante.					
9. Quando eu preciso aprender coisas novas sobre este sistema, sinto-me seguro.					
10. Quando eu preciso aprender coisas novas sobre este sistema, sinto-me confortável.					

### MEDIDA DE EFICIÊNCIA DE USO

TAR	TIPO	DESCRIÇÃO	MÉDIA DE EFICIÊNCIA DE USO					
			Tempo gasto	Erros	Sobras	Eficiência percentual	Tempo de estudo	Eficiência Percentual
1	Manutenção	1.1. Diagnóstico e conserto de falhas de sistema de dados, o operador deve acessar a tela de menu de diagnóstico de falhas e localizar o controlador de falhas no menu [2] [1] [3]. 1.2. Diagnóstico e conserto de falhas de partes: o operador deve acessar a tela de menu de diagnóstico de partes e localizar o controlador de partes no menu de diagnóstico de partes [2] [1] [3].						
2	Acionamento de Borcas	2.1. Diagnóstico e conserto de falhas de partes: o operador deve localizar a tela para acionamento de borcas [2] [1] [3].						
3	Operação de um ponto de partida	3.1. Diagnóstico e conserto de falhas de partes: o operador deve localizar a tela para acionamento de um ponto de partida [2] [1] [3].						
4	Acionamento de quebra de falta	4.1. Diagnóstico e conserto de falhas de partes: o operador deve localizar a tela para acionamento de quebra de falta [2] [1] [3].						

- ### RESULTADOS ESPERADOS
- ✓ Diagnóstico do nível de aderência da configuração das telas de operação da unidade em relação às melhores práticas;
  - ✓ Identificação de oportunidades de melhoria que diminuam a probabilidade de erro e aumentem a segurança nas operações;
  - ✓ Identificação de oportunidades de melhoria de elementos possibilitem a redução da carga mental de trabalho do pessoal de operação de console;
  - ✓ Estabelecimento de um padrão para novas configurações ou reengenharia da configuração existente.

OBRIGADO.

**ANEXO A – Questionário de perfil do usuário**

**Turno:** \_\_\_\_\_ **Operador:** \_\_\_\_\_ **Data:** \_\_\_\_\_ **Ass.:** \_\_\_\_\_

**Idade**

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> até 19 anos     | <input type="checkbox"/> de 31 a 35 anos |
| <input type="checkbox"/> de 20 a 25 anos | <input type="checkbox"/> de 36 a 40 anos |
| <input type="checkbox"/> de 26 a 30 anos | <input type="checkbox"/> mais de 41 anos |

**Sexo**

- |                                    |                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Masculino | <input type="checkbox"/> Feminino |
|------------------------------------|-----------------------------------|

**Qual seu grau de instrução?**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Até 1º grau incompleto | <input type="checkbox"/> 2º grau completo          |
| <input type="checkbox"/> 1º grau completo       | <input type="checkbox"/> Superior incompleto       |
| <input type="checkbox"/> 2º grau incompleto     | <input type="checkbox"/> Superior completo ou mais |

**Qual sua formação?** \_\_\_\_\_

**Você utiliza computador?**

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
|------------------------------|------------------------------|

**Há quanto tempo você acessa a Internet?**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Nunca usei      | <input type="checkbox"/> De 3 a 5 anos  |
| <input type="checkbox"/> Menos de um ano | <input type="checkbox"/> Mais de 5 anos |
| <input type="checkbox"/> De 1 a 3 anos   |   |

**Com que frequência você acessa a Internet?**

- Nunca
- 1 vez por mês
- 1 vez por semana
- 1 vez por dia
- Mais de 1 vez por dia

**Qual o seu tempo, em média, por acesso à Internet?**

- Eu não acesso a Internet
- Menos de 1 hora
- De 1 a 3 horas
- De 3 a 5 horas
- De 5 a 7 horas
- De 7 a 9 horas
- Mais de 9 horas

**Há quanto tempo você usa e-mail?**

- Nunca usei
- Menos de um ano
- De 1 a 3 anos
- De 3 a 5 anos
- Mais de 5 anos

Fonte: Holtz (2004)