



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PEI - PROGRAMA ENGENHARIA INDUSTRIAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

ARAMIS CICERO COSTA

**UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DOS DIAGNÓSTICOS DE
AUTOMAÇÃO APLICADA ÀS PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO DE
PETRÓLEO**

Salvador

2015

ARAMIS CICERO COSTA

**UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DOS DIAGNÓSTICOS DE
AUTOMAÇÃO APLICADA ÀS PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO DE
PETRÓLEO**

Dissertação apresentada ao programa de mestrado Profissional em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Orientador: Prof. Herman Augusto Lepikson, Dr. Eng.

Salvador

2015

C837 Costa, Aramis Cicero

Uma proposta de integração dos diagnósticos de
automação aplicada a plataformas de produção de petróleo. /
Aramis Cicero Costa. - Salvador, 2015.

150 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Herman Augusto Lepikson

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia.
Escola Politécnica, 2015.

1. Automação industrial. 2. Plataformas de petróleo. I.
Lepikson, Herman Augusto. II. Universidade Federal da Bahia.
III. Título.

CDD : 670.42

**UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DOS DIAGNÓSTICOS DE AUTOMAÇÃO
APLICADA ÀS PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO**

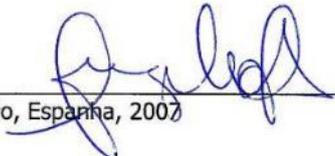
ARAMIS CICERO COSTA

Tese submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:

Prof. Herman Augusto Lepikson _____
Doutor Engenharia Mecânica, Brasil, 1998

Prof. Leizer Schnitman  _____
Doutor em Engenharia Eletrônica e Computação, Brasil, 2001

Prof. Angelo Amâncio Duarte  _____
Doutor em Ciência da Computação, Espanha, 2007

Salvador, BA - BRASIL
julho/2015

Conforme resolução do Programa, o conjunto de orientadores teve a representação de 1 (um) único voto no parecer final da banca examinadora.

Dedico este trabalho aos meus pais Cicero e Santina (*in memoriam*), as minhas filhas Simara e Cybelle e a minha esposa Marfisa pelo amor, amizade, compreensão e apoio, fundamentais para a concretização de todos os meus sonhos.

Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos:

Ao meu orientador Dr. Herman Lepikson, pela disponibilidade, visão, apoio, incentivo as propostas, sempre trazendo sua vivência, orientação amiga e segura a todos os desafios e problemas encontrados.

Aos colegas da empresa que muito me ajudaram na construção deste trabalho, através das amplas discussões realizadas no dia a dia, em especial aos amigos Renato César e Paulo Barbosa.

Ao gerente Pedro Benoni e ao supervisor Everson Claro da PETROBRAS/UO-BC/IPP/AUT pelo apoio e autonomia dados a esse projeto.

Aos professores e funcionários do PEI/UFBA e em especial a Tatiana Woytysiak, por seu incentivo, disponibilidade, orientação e ajuda.

A empresa Petróleo Brasileiro S.A, PETROBRAS, pelo patrocínio e apoio.

RESUMO

O Diagnóstico Integrado de Automação é uma proposta de um sistema de informações úteis e confiáveis de diagnóstico, focado nos sistemas de automação industrial instalados nas plataformas de produção de petróleo. Foram utilizados conceitos de diagnóstico por camadas de automação e um projeto de padronização de *tags* de diagnóstico. O objetivo é que o resultado independa das tecnologias e fabricantes instalados. Para isso, foram construídos e implantados agentes nos sistemas embarcados nas plataformas de petróleo, juntamente com uma integração dos bancos de dados já existentes, possibilitando auxiliar no gerenciamento dos ativos. O trabalho proporcionou três resultados. Primeiro, favorece a construção de uma logística de atendimento da manutenção, em três malhas de atuação da automação industrial, chamadas de malha rápida, malha média e malha longa. Segundo, facilita as pesquisas e consultas dirigidas por especialização ou orientadas para ações de investigação, conhecimento e tratamento da falha. E terceiro, fornece índices de disponibilidade dos elementos por camada. No futuro espera-se como benefícios, uma maior eficiência e interação das ações de manutenção. Como consequência direta desse último, teríamos uma redução de perdas econômicas por paradas de planta e uma melhora na segurança do processo. Também se espera a construção de uma base integrada de conhecimento corporativo. Por último, favorecem a integração com novos projetos de inovação, pesquisa e desenvolvimento.

Palavras chave: Diagnóstico, plataformas de petróleo, gestão de ativos, automação industrial, supervisórios, produção.

ABSTRACT

The Automation Integrated Diagnostics is a proposal for an information system of useful and reliable diagnosis, focused on industrial automation systems installed on offshore oil platforms. The concept of diagnosis per layer of automation was used and also a diagnosis tag standardization project. The goal is to be independent of technologies and manufacturers already installed. For this, agents were built and placed in embedded systems on offshore oil platforms, along with an integration of existing databases, providing aid in the management of assets. The work provided three results. Firstly, it favors the construction of a maintenance service logistics in three meshes of industrial automation performance, called quick mesh, medium mesh and long mesh network. Secondly, it facilitates research and consultations either by specialization, investigation oriented actions or knowledge and failure treatment. And at last, it provides availability levels of elements per layer. Future benefits like greater efficiency and interactions of the maintenance actions are expected. As a direct consequence of the latter, we would have a reduction of economic losses by plant shutdowns and an improvement in process safety. It is also expected to build an integrated base of corporate knowledge. Finally, it will enhance the integration with new projects of innovation, research and development.

Keywords: Integrated, Diagnosis, oil platforms, asset management, industrial automation, production.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	OBJETIVOS	22
1.1.1	<i>Facilitar a pesquisa de dados.....</i>	22
1.1.2	<i>Favorecer o tratamento das diferentes logísticas de atendimento</i>	23
1.1.2.1	Malha de Resposta Rápida.....	24
1.1.2.2	Malha de Resposta Média.....	24
1.1.2.3	Malha de Resposta Longa.....	24
1.1.3	<i>Criar Indicadores de Automação</i>	26
1.2	MÉTODO DE TRABALHO.....	29
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	29
2	SITUAÇÃO DA TECNOLOGIA	32
2.1	REVISÃO NORMATIVA	34
2.2	JUSTIFICATIVA	42
3	PROPOSTA	44
3.1	AUTOMAÇÃO EM CAMADAS (CETAI)	44
3.1.1	<i>Camada das Instalações Cíveis e Mecânicas.....</i>	45
3.1.2	<i>Camada das Instalações Elétricas</i>	46
3.1.3	<i>Camada da Instrumentação</i>	46
3.1.4	<i>Camada das Remotas</i>	47
3.1.5	<i>Camada da Rede de Automação de Campo</i>	47
3.1.6	<i>Camada do PLC.....</i>	47
3.1.7	<i>Camada da Rede de Automação CSP (Controle e Supervisão de Processo).....</i>	48
3.1.8	<i>Camada do Supervisório</i>	48
3.1.9	<i>Camada de Software</i>	48
3.1.10	<i>Camada do Banco de Dados</i>	49
3.1.11	<i>Camada de Rede de Automação Industrial (RAI).....</i>	49
3.1.12	<i>Camada das Estações de Trabalho</i>	49
3.1.13	<i>Camada do Operador.....</i>	50
3.2	DIAGNÓSTICO POR CAMADAS	51
3.3	TAGS DE DIAGNÓSTICO	54
3.4	OBJETIVO 1 - PESQUISA DE DIAGNÓSTICO	61
3.5	OBJETIVO 2 - MALHAS DE ATENDIMENTO	61
3.5.1	<i>Atendimento em Malha Rápida</i>	62
3.5.2	<i>Atendimento de Malha Média</i>	63
3.5.3	<i>Atendimento em Malha Longa.....</i>	63

3.6	OBJETIVO 3 - INDICADORES POR CAMADAS	64
3.7	DIA-DIAGNÓSTICO INTEGRADO DE AUTOMAÇÃO	78
3.7.1	<i>Subprojeto SAC-Sistema de Aquisição de Campo</i>	78
3.7.2	<i>Subprojeto BD (Banco de Dados onshore)</i>	82
3.7.3	<i>Subprojeto de Interligação de sistemas</i>	83
3.7.4	<i>Interfaces com o Usuário</i>	84
4	APLICAÇÃO	87
4.1	PLATAFORMAS ABRANGIDAS E PRODUÇÃO	88
4.2	DESCRIÇÃO DAS PLATAFORMAS	89
4.2.1	<i>Sistemas supervisórios VXL/OpenVms</i>	93
4.2.2	<i>PLC GE FANUC e a rede de blocos Genius</i>	95
4.3	SAC – SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE CAMPO.....	98
4.3.1	<i>Agente no PLC</i>	98
4.3.2	<i>Agentes nos Supervisórios</i>	99
4.3.2.1	<i>Padronização das mensagens</i>	100
4.3.2.2	<i>Banco de dados no supervisório</i>	100
4.3.2.3	<i>Telas sinópticas nos supervisórios</i>	101
4.4	O SISTEMA BINA	103
4.4.1	<i>Estrutura da base de dados</i>	105
4.4.1.1	<i>Disponibilização para consulta via navegador</i>	109
4.4.1.2	<i>Utilização desses dados na malha de atendimento</i>	111
4.5	O SISTEMA HISTORIADOR	111
5	RESULTADOS OBTIDOS	115
5.1	EMBARQUE E RESULTADOS A BORDO	116
5.1.1	<i>Etapa –1 - Implantação dos programas</i>	116
5.1.2	<i>Etapa – 2 - Testes da aplicação gerada</i>	117
5.1.3	<i>Etapa – 3 - Treinamento e divulgação interna</i>	119
5.1.4	<i>Etapa – 4 - Resultados obtidos</i>	119
5.2	CAPTURA E RESULTADOS OBTIDOS EM TERRA.....	121
6	CONCLUSÃO.....	122
6.1	COMO FICOU A PARTE OFFSHORE	124
6.2	COMO FICOU A PARTE ONSHORE	125
6.3	PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS.....	125
	REFERÊNCIAS	129
	APÊNDICE A - AGENTE NO PLC.....	133
	APÊNDICE B - FERRAMENTA GERARDO.....	138

APÊNDICE C - KITPIC	141
APÊNDICE D – PAINEL DE DIAGNÓSTICO NO PI	144
APÊNDICE E - BINA	148

FIGURAS

FIGURA 1.1 - GERÊNCIAS E ENGENHARIAS ENVOLVIDAS COM RESPONSABILIDADES TÉCNICAS DIFERENTES.	20
FIGURA 1.2 – INFRAESTRUTURA DE CONSULTA DE DADOS DE DIAGNÓSTICO.	23
FIGURA 1.3 – RESPOSTAS DIFERENTES EM TRÊS MALHAS DE AÇÕES.	25
FIGURA 1.4 - AS EMPRESAS TRABALHAM COM METAS QUE SÃO MEDIDAS EM ÍNDICES.	26
FIGURA 1.5 - INDICADORES PARA MEDIR A TECNOLOGIA DE AUTOMAÇÃO INSTALADA.	27
FIGURA 1.6 - PROJETO DIA - DIAGNÓSTICO INTEGRADO DE AUTOMAÇÃO.	28
FIGURA 2.1 - GESTÃO DE ATIVOS ENVOLVE EQUILIBRAR OS 4 BENEFÍCIOS.	35
FIGURA 2.2 - INTER-RELAÇÃO ENTRE A CARTEIRA DE ATIVOS E A GESTÃO DA ORGANIZAÇÃO.	36
FIGURA 2.3 - EVOLUÇÃO DO ESTADO DA ARTE NORMATIVO.	37
FIGURA 2.4 - INTEGRAÇÃO DA GESTÃO DENTRO DE UMA GRANDE ORGANIZAÇÃO.	38
FIGURA 2.5 - OS OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DA ORGANIZAÇÃO, DEVEM SE DESDOBRAR PARA A GESTÃO DE ATIVOS.	39
FIGURA 3.1 – MODELO SIMPLIFICADO DO CETAI – CAMADAS ESPECIALIZADAS DA TECNOLOGIA DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.	45
FIGURA 3.2 – GERÊNCIAS E ENGENHARIAS ENVOLVIDAS COM RESPONSABILIDADES TÉCNICAS DIFERENTES.	51
FIGURA 3.3 – CONCEITO DE DIAGNÓSTICO DE AUTOMAÇÃO POR CAMADAS.	52
FIGURA 3.4 – DISPONIBILIDADE E CONFIABILIDADE POR CAMADAS	53
FIGURA 3.5 – PROPOSTA DE DADOS CHEGAR EM FORMATO GENÉRICO CONHECIDO.	54
FIGURA 3.6 – MAPEAMENTO DOS DIAGNÓSTICOS NATIVOS DOS PLCs GEFANUC NO MODELO CETAI.	55
FIGURA 3.7 – MENSAGEM DE FALHA SEMELHANTE PARA TODOS OS EQUIPAMENTOS.	56
FIGURA 3.8 – MESMA DEFINIÇÃO DE MENSAGEM PARA OS DEMAIS EQUIPAMENTOS.	57
FIGURA 3.9 - DETALHAMENTO DO TAG E SUAS TABELAS NO BANCO DE DADOS.	58
FIGURA 3.10 – FORMATO PADRÃO DE TAG DE DIAGNÓSTICO ADOTADO.	59
FIGURA 3.11 – MENSAGENS COMPACTADAS PELO LIMITE DE TAMANHO DA MENSAGEM PARA O VXL.	60
FIGURA 3.12 – VISÃO GERAL DA INTERAÇÃO DO TAG E BANCO DE DADOS.	60
FIGURA 3.13 - GRANDE MASSA DE DADOS QUE PRECISAM SE TORNAR ENTENDÍVEIS.	61
FIGURA 3.14 - REPRESENTAÇÃO DAS MALHAS DE ATENDIMENTO.	62
FIGURA 3.15 - PAINEL DE SITUAÇÃO DE UMA PLATAFORMA. PRODUÇÃO + DISPONIBILIDADE DOS SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO.	67
FIGURA 3.16 - PAINEL MOSTRANDO A RELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES ITA E ICA.	68
FIGURA 3.17 - MODELO DAS CAMADAS E SEUS ELEMENTOS.	69
FIGURA 3.18 – IDE = ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE DO ELEMENTO.	70
FIGURA 3.19 – GRANDE MASSA DE DADOS, INDICANDO FALHA E RETORNO DE CADA ELEMENTO MONITORADO E DISTRIBUINDO POR RESPONSÁVEL.	70
FIGURA 3.20 – TEMPO DE REPARO.	71
FIGURA 3.21 - RELAÇÃO ENTRE FALHA E RETORNO AO ESTADO OPERACIONAL.	73

FIGURA 3.22 - PAINEL SECUNDÁRIO DAS CAMADAS E SEUS ELEMENTOS PARA UMA RÁPIDA VISUALIZAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS.	76
FIGURA 3.23 - RELACIONAMENTO ENTRE OS INDICADORES.	77
FIGURA 3.24 - SAC - SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE CAMPO.	79
FIGURA 3.25 - O SAC DESENVOLVIDO ABORDA CINCO CAMADAS DE AUTOMAÇÃO DO MODELO CETAI.	81
FIGURA 3.26 – BANCO DE DADOS BINA E PI.	83
FIGURA 3.27 - PROJETO INTERFACES DE SISTEMAS - INTERSIS - SÃO COMO TODAS ESTAS TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS SE INTERLIGAM E SE INTEGRAM (INDICADO PELA SETA AZUL).	84
FIGURA 3.28 - TERCEIRA PARTE SERIA O PROJETO DAS TELAS PARA NAVEGADORES PADRÃO.	85
FIGURA 3.29 - RELACIONAMENTO ENTRE OS CONCEITOS.	86
FIGURA 4.1 – EXEMPLO DAS PLATAFORMAS QUE PODEM SER APLICADO O SAC.	88
FIGURA 4.2 – PETROLEIRO VIDAL DE NEGREIROS CONVERTIDO NA FPSO P-31.	91
FIGURA 4.3 – PLATAFORMA P-31 E UMA VISÃO EM CORTE DO SISTEMA TURRET.	92
FIGURA 4.4 - TOPOLOGIA DE UMA REDE.	93
FIGURA 4.5 - EXEMPLO DE TELA DE SUPERVISÃO.	94
FIGURA 4.6 – ECOS COM PLC GEFANUC REDUNDANTE E A INDICAÇÃO PARCIAL DAS REDES DE BLOCOS GENIUS.	96
FIGURA 4.7 - VISUALIZAÇÃO DE COMO É O LAYOUT DE UMA RAMIFICAÇÃO DOS BLOCOS GENIUS PARA UM PLC. CADA BLOCO CONTÉM SEU PRÓPRIO I/O.	96
FIGURA 4.8 – PLC GEFANUC E AS REDES PROPRIETÁRIAS DE BLOCOS GENIUS.	97
FIGURA 4.9 – PAINEL DE BLOCOS DE REDE GENIUS.	98
FIGURA 4.10 – ARQUITETURA DO SAC.	100
FIGURA 4.11 – TELAS PADRONIZADAS COM ÁREA PARA DESENHAR A ARQUITETURA DA PLATAFORMA.	102
FIGURA 4.12 – TELAS PADRONIZADAS COM DIAGNÓSTICOS E STATUS GERAIS DOS PLCs.	102
FIGURA 4.13 – TELA DE CHAVEAMENTO DAS REDES.	103
FIGURA 4.14 – SISTEMA COM ARQUITETURA MVC (LINHAS SÓLIDAS=LIGAÇÃO DIRETA, LINHAS TRACEJADAS=LIGAÇÕES INDIRETAS).	104
FIGURA 4.15 – REPRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DE TABELAS DO BINA.	105
FIGURA 4.16 – TABELA COM DADOS DA PLATAFORMA.	106
FIGURA 4.17 – TABELA COM CAMADAS (CETAI).	107
FIGURA 4.18 – TABELA COM CAMADAS E SUBSISTEMAS DE CADA CAMADA.	108
FIGURA 4.19 - CRITICIDADE DO ELEMENTO ATRIBUÍDO.	109
FIGURA 4.20 – INTERFACE ATUAL DE CONSULTA DO BINA.	110
FIGURA 4.21 – SISTEMA DE CONSULTA BINA (POR CP).	110
FIGURA 4.22- ARQUITETURAS EM UMA UNIDADE (FIG. SUPERIOR) E CORPORATIVA (FIG. INFERIOR).	111
FIGURA 4.23 – TELA DE INDICADORES DO DIA GERAL NO PI.	112
FIGURA 4.24 – INDICADORES DE DISPONIBILIDADES.	113
FIGURA 4.25 – TELA DE DIAGNÓSTICOS DOS BLOCOS GENIUS.	113
FIGURA 4.26 – GRÁFICOS DE TENDÊNCIAS DOS DIAGNÓSTICOS A PARTIR DO PI-AF.	114

FIGURA 5.1 – LISTAGEM DE PROGRAMAS GERADOS AUTOMATICAMENTE DAS PLANILHAS PELO GERARDO, PARA COMPOSIÇÃO DE EVENTOS.	116
FIGURA 5.2 – EVENTOS SENDO GERADOS PARA TERRA.	117
FIGURA 5.3 – TESTE DE EVENTOS GERADOS ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO A BORDO.	118
FIGURA 5.4 – EVENTOS GERADOS PELO DIAGNÓSTICO FICARAM EM UM GRUPO DE ALARMES ESPECÍFICO CHAMADO MANUT.	119
FIGURA 5.5 - TELA DE COMUTAÇÃO E APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS.	120
FIGURA 5.6 - TELA DE DIAGNÓSTICO PARA O PESSOAL A BORDO (MALHA RÁPIDA) QUE MOSTRA FALHAS INDIVIDUAIS NOS BLOCOS GENIUS.	121
.FIGURA 6.1 - TRABALHOS FUTUROS - INTEGRAÇÃO DO BINA E NETCOOL.	126
FIGURA 6.2 - TRABALHOS FUTUROS - INTERFACES.	127
FIGURA 6.3 - TRABALHOS FUTUROS.	128
FIGURA A.1 - BASE DE DADOS UTILIZADA NA CONSTRUÇÃO DO AGENTE	135
FIGURA A.2 - BLOCO DE INICIALIZAÇÃO ONDE FICA A CONFIGURAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	136
FIGURA A.3 - BLOCO DE TESTE DAS FUNÇÕES INTERNAS DO PLC.....	136
FIGURA B.1 - PROCEDIMENTO PARA CARREGAR NOVOS EVENTOS GERADOS.....	138
FIGURA B.2 - PLANILHA COM OS NOMES DOS PONTOS DE MEMÓRIA NO PLC E VXL.....	140
FIGURA B.3 - PLANILHA COM O NOME DOS ALARMES A SEREM GERADOS.....	140
FIGURA B.4 - TABELA DE DESCRIÇÃO DOS NOMES.....	140
FIGURA B.5 - TABELA DE CONSTRUÇÃO DO GRUPO MANUT (MANUTENÇÃO).....	140
FIGURA C.1 - TELA DO CONJUNTO KITPIC QUE MOSTRA O ESTADO GERAL DO SISTEMA.....	142
FIGURA C.2 - TELA DE INFORMAÇÕES SOBRE O ESTADO DAS COMUNICAÇÕES	142
FIGURA C-3 - TELA PARA VERIFICAÇÃO DO ESTADO DA REDE SECUNDÁRIA.....	143
FIGURA C.4 - TELA PARA MONTAGEM DA MONITORAÇÃO DOS BLOCOS GENIUS.....	143
FIGURA D.1 - TELA INICIAL DO PAINEL DIA NO PL.....	144
FIGURA D.2 - TELA DE MONITORAMENTO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO.....	145
FIGURA D.3 - TELA DE ESTADO DO SISTEMA REDUNDANTE (GBC)	145
FIGURA D.4 - TELA DE COMUNICAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS (GLOBAIS)	146
FIGURA D.5 - TELA DE FALHAS DE COMUTAÇÃO DE REDES REDUNDANTES.....	146
FIGURA D.6 - TELA DE REDE DE CAMPO. MONITORA OS BLOCOS NA REDE.....	147
FIGURA D.7 - TELA DOS PRINCIPAIS GRÁFICOS.....	147
FIGURA E.1 - TELA INICIAL DE CONSULTA DA BINA.....	148
FIGURA E.2 - TELA INICIAL COM PRINCIPAIS MENUS DE CONSULTA ABERTOS.....	148
FIGURA E.3 - CONSULTA POR CAMADA DE PLC DE UMA PLATAFORMA.....	149
FIGURA E.4 - CONSULTA POR CAMADA DE PLC DE ELÉTRICA EM DETERMINADO PERÍODO.....	150

EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 3.1- DISPONIBILIDADE.	53
EQUAÇÃO 3.2 – OEE – EFICIÊNCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS OU OVERALL EQUIPAMENT EFFICTIVIMEN.	65
EQUAÇÃO 3.3 – DISPONIBILIDADE, PERFORMANCE E QUALIDADE.	65
EQUAÇÃO 3.4 - RELAÇÃO ENTRE OS INDICADORES ITA E ICA.	68
EQUAÇÃO 3.5 – CÁLCULO DO MTBF.	71
EQUAÇÃO 3.6 – CÁLCULO DO MTTR.	72
EQUAÇÃO 3.7 - ICA ÍNDICE DA CAMADA DE AUTOMAÇÃO A PARTIR DA DISPONIBILIDADE E PESO DE CRITICIDADE DOS SEUS ELEMENTOS.	75

GLOSSÁRIO

ABRAMAN – Sigla da Associação Brasileira de Manutenção.

CETAI – Camadas Especializadas de Tecnologia de Automação Industrial – Sigla do modelo construído nesta dissertação de visão do inter-relacionamento das diferentes engenharias envolvidas na automação industrial.

ECOS – Estação Central de Operação e Supervisão – supervisor utilizada em algumas plataformas formada por Estações Mestras (EM) e Estações de Operação (EOP), e demais equipamentos como microcomputadores, roteadores através de rede padrão Ethernet. O supervisor é o VXL com sistema operacional OpenVms, que não tem hardware baseado em microcomputadores e sim em computadores da linha Alpha da HP, da antiga Digital.

E&P – Exploração e Produção de Petróleo - Área da Petrobras que prospecta e produz petróleo e gás.

FPSO - Floating, Production, Storage and Offloading - navio-plataforma ou Unidade Estacionária de Produção e Armazenamento de Óleo.

GERENCIAMENTO DE ATIVOS – A gestão de ativos consiste em boas práticas que podem ser utilizadas pelas organizações em seu processo de controle de ativos e que buscam alcançar um resultado desejado e sustentável. O IAM (Institute of Asset Management) define Gestão de Ativos como sendo a ação coordenada de uma organização para realizar valor com seus ativos. A gestão de ativos refere-se a gestão de todo o ciclo de vida de um ativo, desde sua aquisição até o seu descarte.

GIOP - Gerenciamento Integrado das Operações – Programa de melhoria de eficiência e integração das operações em andamento na Petrobras.

GRANULARIDADE – Capacidade de separar os resultados por visões profissionais diferentes.

IPP/AUT – INSTALAÇÕES E PROCESSOS DE PRODUÇÃO/AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL – Gerências existentes na UO-BC e na UO-RIO que coordenam, monitoram e tratam a Automação Industrial destas unidades de produção.

OFFSHORE - Termo utilizado para descrever instalações de produção de petróleo e gás marítimas.

ONSHORE - Termo utilizado para descrever instalações de produção de petróleo e gás terrestres.

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A. – Empresa integrada de energia que atua de forma rentável com responsabilidade social e ambiental, buscando a eficiência nos processos e produtos. Está presente em 27 países, além de manter atividades na maior parte dos estados do Brasil, e tem ações negociadas nas principais bolsas de valores do mundo.

PLC - *Programmable Logic Controller* ou **CLP** - Controlador Lógico Programável - é um computador especializado, baseado em um microprocessador que desempenha funções de controle através de softwares desenvolvidos pelo usuário. É amplamente utilizado na indústria para o controle de diversos tipos e níveis de complexidade. Geralmente as famílias de Controladores Lógicos Programáveis são definidas pela capacidade de processamento de um determinado número de pontos de Entradas e/ou Saídas (E/S).

PROCADI – Programa Campos Digitais – Convênio que está sendo firmado entre a Petrobras e a UFBA (Universidade Federal da Bahia), que trabalha na pesquisa e inovação em campos maduros, no sentido de ter plantas desabilitadas.

OEE - *Overall Equipment Effectiveness* ou Eficiência Global de Equipamentos, é um indicador internacional utilizado como forma de gestão e melhoria contínua de equipamentos. OEE permite a partir de uma medição simplificada, indicar áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias, bem como pode ser utilizado como "*benchmark*".

MAICE - Metodologia para Armazenamento e Integração do Conhecimento Especialista – É um sistema para modelagem e integração de conhecimento especialista, através de ferramentas de inteligência artificial, como lógica fuzzy e redes neurais, desenvolvido pela UFBA com patrocínio da Petrobras.

STAKEHOLDER – Em português, pontos de interesse ou interveniente, é um termo usado em diversas áreas como gestão de projetos, administração e arquitetura de software referente às partes de interesse que devem estar de acordo com as práticas de governança corporativa executadas pela empresa.

SISTEMAS SEGREGADOS – Sistemas separados tecnologicamente. Por exemplo, um sistema utiliza uma tecnologia de rede de campo do tipo Ethernet e outro sistema na mesma planta utiliza uma outra tecnologia de rede Modbus.

SCADA- Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados ou abreviadamente SCADA (proveniente do seu nome em inglês *Supervisory Control and Data Acquisition*) também chamado de software supervisão ou software SCADA. São sistemas que utilizam software para monitorar e supervisionar as variáveis e os dispositivos de sistemas de controle conectados através de controladores (drivers) específicos.

TELAS SINÓPTICAS – Telas do supervisor SCADA, que retratam o panorama, condições e variáveis do processo que está sendo monitorado.

UO-BC – UNIDADE DE OPERAÇÕES DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DA BACIA DE CAMPOS – Unidade da produção da Petrobras que opera os campos de produção da Bacia de Campos/RJ, composto atualmente por 33 plataformas de produção.

UO-ES - UNIDADE DE OPERAÇÕES DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DO ESPÍRITO SANTO – Unidade de produção da Petrobras que opera os campos de produção do Espírito Santo/ES, composto por plataformas de produção e campos terrestres atualmente em crescente curva de produção.

UO-RIO - UNIDADE DE OPERAÇÕES DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DO RIO – Unidade da produção da Petrobras que opera os campos de produção do Rio de Janeiro/RJ, composto atualmente por 13 plataformas de produção e corresponde a grande parte da produção nacional da Petrobras.

1 Introdução

Os sistemas de automação nos campos de produção de petróleo, tanto nas instalações de produção de petróleo e gás marítimas (*offshore*) como nas instalações de produção de petróleo e gás terrestres (*onshore*), pelas suas características construtivas iniciais, tiveram suas concepções em sistemas segregados. Isso porque os sistemas que eram usualmente operados apenas de forma manual, foram evoluindo de forma gradual em automação, e este processo foi construído em partes separadas. Como peças de um grande quebra-cabeça, primeiro a engenharia utilizou os recursos e tecnologia de automação existente na época e automatizou uma determinada área ou equipamento. Depois estendeu o conceito já com uma tecnologia mais evoluída para outra parte da planta. Durante este longo período, que iniciou há mais de 20 anos, ocorreu um grande avanço tecnológico dos sistemas de automação. Estes avanços ocorreram em diversos ambientes industriais, notadamente no chão de fábrica. Podemos destacar os *PLCs*, redes industriais dos diversos tipos, instrumentação e sistemas de segurança, que avançaram em capacidade de processamento e sofisticações das aplicações de software.

A medida que novos sistemas e tecnologias iam surgindo, novas plataformas, plantas industriais ou parte delas iam incorporando esses avanços. Mesmo atualmente quando novas plataformas são construídas, geralmente de navios convertidos, muitas vezes sistemas que já existiam como por exemplo de lastro, caldeiras e outros, que eram perfeitamente funcionais e seguros, são mantidos como sistemas legados. Hoje existe um quadro com plataformas diferentes umas das outras em relação as tecnologias instaladas, apesar das concepções e projetos básicos serem uniformes. Estas diferenças são pela coexistência de sistemas novos diferentes com sistemas legados também diferentes. Na automação industrial, essa coexistência de diversas tecnologias acontece também em diversas outros tipos de plantas.

Na indústria em geral, pelo fato de ser melhor ter uma planta funcionando mal do que parada, a prioridade é sempre a disponibilidade. Os impactos de modificar complexos sistemas de automação industrial, com possíveis paradas de produção, dificultam ou até impedem a atualização e/ou uniformização da tecnologia de grande parte das plantas, mesmo esta atualização sendo muitas vezes necessária.

Este cenário de sistemas antigos legados que não saem da planta nem são atualizados com uma maior velocidade, misturados com sistemas novos chegando de tecnologias cada vez mais novas, de

menor custo e mais rápidas, resulta em vários sistemas diferentes e segregados. Isto é, baseados em tecnologias isoladas que não se comunicam muito bem. Em consequência, tem-se hoje um importante problema para integrar e conhecer a real disponibilidade e confiabilidade destes sistemas de automação industrial. Agrava-se o fato de que à medida que os campos de produção de petróleo vão ficando mais maduros, as alterações sofridas nas condições do processo de produção pressionam cada vez mais a realização de alterações nas plantas para acompanhar essas mudanças. Um poço de produção de petróleo precisa com o passar do tempo, de cada vez mais injeção de água ou gás para manter sua produção. Isso significa modificação nas plantas cada vez maiores e mais rápidas. Alterações das plantas, muitas vezes introduzem novas tecnologias. Nesta mistura de sistemas novos com sistemas legados de automação passadas, o gerenciamento de ativos existentes no mercado tem baixa eficácia.

Mesmo com todo o desenvolvimento que há de sistemas de gerenciamento de ativos e monitoração de falhas, a maioria deles só funciona plenamente quando toda a automação é construída com um mesmo fabricante. Assim, as facilidades de gestão de ativos incluídas pelo fabricante em um *PLC*, somente funcionam plenamente se o supervisor também for do mesmo fabricante. Na prática esta solução nem sempre pode ser implantada. Além disso, esta condição de contratar um só fabricante cria uma fragilidade para o negócio, que é a dependência da empresa de um único fornecedor para manutenções, expansões e inovações futuras.

Por este relato simples do conflito entre a rápida e constante evolução da tecnologia de automação, com mudanças pontuais sempre necessárias nas plantas de processo, podemos concluir que a complexidade e custo de manutenção das plantas com o passar do tempo, tendem sempre a aumentar neste segmento.

O problema de sistemas de tecnologias diferentes gera uma segunda consequência de capacitação. São sistemas ainda existentes muito antigos, para os quais não se encontram mais cursos ou suporte para apoiar os jovens profissionais, e por outro lado, sistemas com tecnologias muito novas e pouco conhecidas. Muitas vezes a própria tecnologia não está muito madura ainda. Conseguir no mercado gente suficiente e capacitada para absorver, implantar e manter esta engenharia de automação em produção, tem sido um desafio cada vez maior para as empresas. Portanto, existe uma dificuldade dos recursos humanos disponíveis nas empresas, para atender todo este cenário.

Cada tipo de tecnologia tem seus sistemas de diagnósticos nativos. Tecnologias e fabricantes diferentes, tem diagnósticos nativos diferentes. Outro problema neste cenário de sistemas de

diagnóstico de automação de baixa eficácia nessas plantas, é ter como único elemento de verificação de diagnóstico dos diversos sistemas, a ação do homem. Desta forma ficam evidentes as limitações quanto à capacidade de integração entre os diagnósticos dos diversos processos e as equipes de manutenção. Qualquer alarme ou diagnóstico de um sistema que necessite de uma ação, deve ser verificada e analisada por uma intervenção humana de um operador e registro manual desta ocorrência, para posterior tratamento da manutenção. Os registros na maioria das vezes tratam dos sintomas percebidos e são enviados de forma genérica para a manutenção. Acontece que muitas vezes as causas dos sintomas são uma cadeia de pequenos problemas envolvendo engenharias diversas, mecânica, elétrica, automação, TI e outras.

Numa grande corporação, muitas engenharias, gerências e pessoas são envolvidas na construção, manutenção e operação destes sistemas de automação. São muitas especialidades diferentes no caminho. Sem uma visão integrada de todas as partes juntas, não é possível avaliar se o sistema está bom ou não (figura 1.1).



Figura 1.1 - Gerências e engenharias envolvidas com responsabilidades técnicas diferentes.

Difícilmente essas equipes especializadas de engenharia, conhecem a verdadeira situação dos sistemas uns dos outros. Esse pode ser um motivo pelo qual em sistemas industriais muito grandes, as falhas são tratadas pontualmente. É difícil analisar, prever e corrigir a saúde do sistema completo.

Somando-se a todos esses problemas, temos também o tamanho desses sistemas onde este trabalho foi desenvolvido. Em um sistema muito grande de um campo de produção de petróleo como da UO-BC, com uma grande quantidade de plataformas de produção, o número de informações geradas automaticamente pelos sistemas existentes é enorme. Uma parte desses dados disponíveis é gerada pelos diagnósticos nativos de todos os equipamentos de automação instalados. Cada equipamento pertencente a uma determinada tecnologia, gera um tipo, formato e qualidade de diagnóstico construído pelo seu fabricante para aquele modelo. Em cada plataforma, existem dezenas de *PLCs* principais e outros tantos menores auxiliares, além dos supervisórios. São dezenas de plataformas de produção de petróleo.

Como, neste cenário, avaliar a qualidade do sistema de automação que dá suporte a produção? Obter visibilidade dos diagnósticos é muito difícil para maioria dos usuários num contexto desses, até mesmo para os especialistas.

A falta de um sistema de diagnóstico ágil, preciso e confiável dos sistemas de automação que dão suporte a planta, pode ser refletido diretamente nos resultados do negócio da empresa. Paradas nas plantas com prejuízos reais para a produção, podem ser provocadas por alguns tipos de falhas ou falsas falhas.

Uma perda anual significativa ocorre, provocada por paradas não programadas de plantas industriais. Estima-se que aproximadamente 80% das paradas de produção, não são paradas programadas. De acordo com Doug White, numa planta típica da indústria do petróleo, 25% das paradas não programadas são por falhas de equipamentos (Bishop, 2012).

Portanto, o prejuízo na produção por paradas não programadas de plantas, oriundos de falta de diagnósticos corretos e automatizados, pode ser muito expressivo e difícil de medir ou controlar.

É necessário ter uma visão diferente do problema.

Vários projetos de monitoramento, estão em andamento nas gerências ligadas a automação industrial da UO-BC, para tratar e uniformizar as diversas informações geradas por estes sistemas. São projetos internos que visam gerar informações de diagnósticos úteis e confiáveis para tratar e até antever os problemas dos sistemas das plantas.

Integrar e automatizar todos esses projetos de monitoração é a proposta deste trabalho e pode ser um passo importante para solucionar o problema.

1.1 Objetivos

Este trabalho pretende construir uma integração em projetos de monitoração de diagnósticos já existentes na UO-BC e facilitar outros que no futuro possam vir. Consiste de uma metodologia para filtrar e tratar esses dados antes de disponibilizá-los para os usuários. Pretende criar um mecanismo de aquisição e análise de dados, que seja padronizada e sempre conhecida, independente do fornecedor, facilitando a implantação e expansão dos projetos colaborativos.

Além do objetivo de formatar o sistema de coleta, armazenamento e tratamento dos dados já gerados, é objetivo também entregar três saídas dessas informações, para melhorar a percepção desses diagnósticos e do tratamento do mesmo. Essas saídas são:

- Facilitar a pesquisa de dados;
- Favorecer o tratamento pelas diferentes logísticas de atendimento;
- Criar indicadores de automação;

Vejamos estas três saídas.

1.1.1 Facilitar a pesquisa de dados

Pode-se dessa massa bruta de dados já existentes, capturar, filtrar e tratá-los gerando informações úteis. Isso permitirá que os engenheiros, técnicos e corpo gerencial façam consultas mais fáceis de montar, solicitando dados por especialidade. Os usuários não precisam necessariamente conhecer os detalhes dos diagnósticos nativos dos fabricantes. A abordagem predefinida por especialidade de automação, ajuda o público gerencial e técnico correto, a encontrar as informações que procuram, além de tornar mais inteligível e uniforme estas informações.

Esses dados precisam também estar disponíveis em diferentes formas de granularidade, ou seja, essas informações precisam poder vir em conteúdo e formatos diferentes e específicos para cada público (figura 1.2).



Figura 1.2 – Infraestrutura de consulta de dados de diagnóstico.

Por exemplo, o gerente geral corporativo precisa ter uma visão da qualidade de todos os sistemas de todas as plataformas. O gerente da plataforma precisa de diagnósticos por sistema, por semana e por produção da sua plataforma. Ele precisa toda semana saber o que afetou a produção sob sua responsabilidade. O pessoal de engenharia precisa saber o equipamento, o minuto e o evento que provocou a parada. O pessoal da supervisão precisa saber os horários, para identificar os turnos que atuaram. A manutenção precisa saber o componente que falhou.

Grande parte desses dados está disponível. Mas pela falta de uma padronização nos nomes, formatos e de sistemas, dificilmente tem uma utilidade para todos.

A primeira proposta para uma solução, é construir “mecanismos” que gerem consultas mais fáceis de montar dos dados disponíveis. Os diagnósticos diversificados nativos dos seus fabricantes, somente são entendidos pelos especialistas daquele fabricante. Consultas que possam ser feitas pelos próprios usuários e que possam ser filtradas, agrupadas e compartilhadas para várias visões diferentes.

1.1.2 Favorecer o tratamento das diferentes logísticas de atendimento

Na empresa em que foi desenvolvido este trabalho, existe um projeto de integração de processos chamada “Gerenciamento Integrado de Operações” (Giop), que define três níveis de resposta e

tratamento aos eventos recebidos pelos sistemas. Não se refere a malhas de controle de processo industrial, implementado nos softwares das plantas. São equipes de profissionais para análise e manutenção das falhas detectadas pelos diagnósticos gerados, e atuação para a correção dos problemas. São chamados de malha de ação rápida, malha de ação média e malha de ação longa.

1.1.2.1 Malha de Resposta Rápida

Malha de resposta rápida seria a resposta imediata para problemas detectáveis diretamente pelo sistema, e de possíveis ações locais a bordo das plataformas ou nas equipes presentes nas plantas. Esta proposta de diagnóstico envia diretamente para os operadores, telas sinópticas com a situação dos sistemas em produção, assim como alerta para eventos que precisem ser tratados imediatamente. Um exemplo seria a queda de uma redundância do sistema. Tempo de resposta para esta malha rápida deve ser, portanto, imediato com a equipe de manutenção local a bordo da plataforma.

1.1.2.2 Malha de Resposta Média

A malha média corresponde às equipes de monitoramento e vigilância dos sistemas de automação das plataformas, que ficam em terra.

Através dos dados de diagnósticos recebidos e armazenados nos bancos de dados que ficam em terra, problemas são monitorados. São problemas que não são tratáveis ou detectados pela equipe de manutenção a bordo (figura 1.3).

O atendimento da malha média consiste da montagem e da atualização de gráficos mensais da situação dos sistemas e abertura de ordens de atendimento (ordens de serviço), para as equipes de manutenção. Também, em alguns casos, fazem o acompanhamento do seu tratamento até sua correção. O tempo de resposta médio seria em torno de 180 dias.

1.1.2.3 Malha de Resposta Longa

O sistema de resposta em malha longa seria realizado em duas vertentes. A primeira, pela engenharia de confiabilidade com ações que exijam análises e intervenções mais demoradas como, alterações ou correções de projetos.

Atendimento em **malha longa**

Pesquisa



Engenharia
Responsável



Data mining

Revisão de projetos

onshore
onshore

Atendimento em **malha média**



Monitoração de Automação

offshore

Atendimento em **malha rápida** Equipe de bordo



Figura 1.3 – Respostas diferentes em três malhas de ações.

A segunda vertente seria, pela análise do comportamento estatístico multivariado do histórico armazenado nas bases de dados. Neste caso, a função seria detectar desvios ou criar modelos que possam sinalizar futuros problemas que possam ocorrer nas diversas camadas.

Os dados recebidos pela padronização deste trabalho, ficam armazenados nos bancos de dados em terra, permitindo e complementando estas ações em malha longa.

Resposta geralmente maior que 180 dias.

Resumindo, a proposta da segunda saída é construir um sistema de diagnóstico que permita “mecanismos” diferenciados, para ações dessas três malhas de atuação, nos sistemas de automação industrial da corporação.

1.1.3 Criar Indicadores de Automação

Completando, o terceiro e último objetivo, é gerar um mecanismo de acompanhamento de metas.

As grandes empresas trabalham com planos estratégicos. Estes planos são desdobrados em metas acompanhadas através de índices gerenciais.



Figura 1.4 - As empresas trabalham com metas que são medidas em índices.

Essas metas e índices são desdobrados e distribuídos a cada nível de gerência da estrutura, chegando até às metas individuais de cada colaborador da empresa (figura 1.4).

Esse mecanismo de acompanhamento de desempenho dos trabalhos, estimula uma abordagem para utilização também de indicadores da saúde dos sistemas de automação.

Para construir e acompanhar metas de gestão de ativos de automação, é preciso construir um Índice de Tecnologia dos sistemas de Automação chamado neste trabalho de ITA.

A ideia é ter além do painel da produção da plataforma, um painel que permita indicar a qualidade dos sistemas de automação industrial, envolvidos nesta produção (figura 1.5).

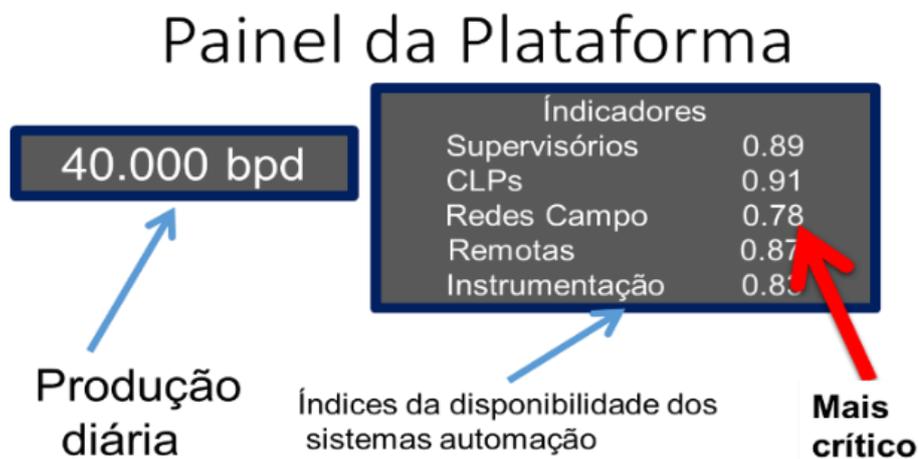


Figura 1.5 - Indicadores para medir a Tecnologia de Automação instalada.

Este índice geral da plataforma, pode ser desdobrado em outros. Pode-se visualizar graficamente o quanto estes sistemas estão bons e ver onde estão as maiores fragilidades e criticidades.

Para se obter um índice complexo e dinâmico destes, que envolveria um volume muito grande de informações, um sistema de diagnósticos de automação precisa ser construído. Este sistema de análise de status de diversos sistemas e seu diagnóstico, foi chamado de projeto DIA – Diagnóstico Integrado de Automação.

O DIA é uma proposta de construir um sistema de diagnóstico por camadas de automação industrial, que atenda sistemas novos e legados. Filtre e trate a imensa quantidade de dados diferentes, gerados pelos sistemas existentes, numa plataforma de produção de petróleo, permitindo:

- ✓ Consultas úteis e fáceis por camada e seus elementos;
- ✓ Que favoreça a construção de uma logística de atendimento em três malhas de atuação, seguindo o conceito interno corporativo (malha rápida, malha média e malha longa);
- ✓ E forneça para todos os níveis gerenciais e de engenharia, indicadores de disponibilidade por camadas.

O projeto DIA consiste também em aproveitar todos as ações já realizadas e em desenvolvimento na empresa e integrar todos esses esforços.

Com um projeto, metodologia e integração de sistemas adequados, é possível transformar essa massa de dados brutos existente em informações úteis para conhecer e tratar a saúde dos sistemas (figura 1.6).

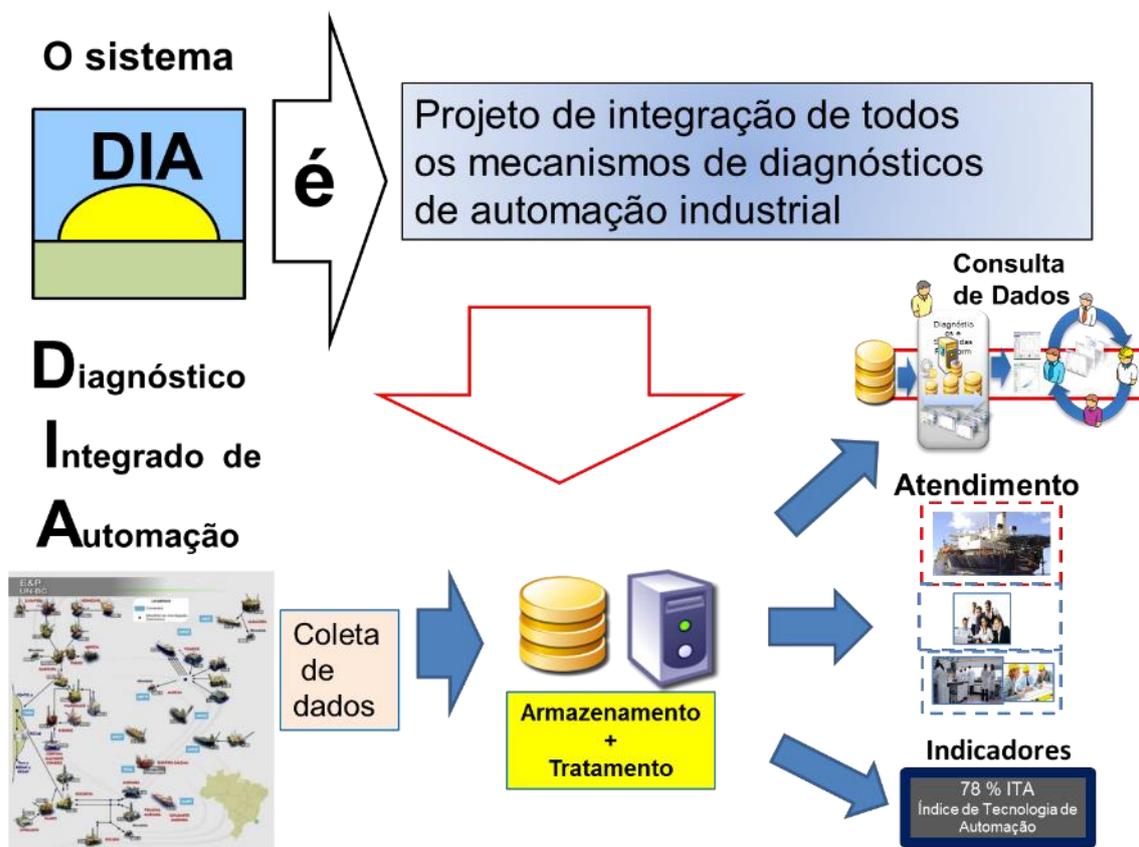


Figura 1.6 - Projeto DIA - Diagnóstico Integrado de Automação.

1.2 Método de Trabalho

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão foi feito em cinco etapas. A primeira etapa, envolve uma revisão bibliográfica e normativa, sobre a gestão de ativos e principalmente da recente norma ISA 55000.

A segunda etapa, envolveu entender as formas e mecanismos de acompanhamento e monitoração, dos sistemas e automação na gerência específica onde este projeto foi desenvolvido. Foram estudadas quais as formas de monitoração dos equipamentos e sistemas de automação existentes, junto às equipes envolvidas na operação, manutenção, liderança e gerência. Envolveu trabalhos de equipes, compostas por funcionários das áreas de assistência técnica, manutenção, engenharia, entre outras áreas ligadas. Este trabalho procurou integrar e tornar abrangente o uso destes esforços, para gestão e melhoria contínua de equipamentos. O projeto final desta dissertação, é uma proposta de como integrá-los num sistema único. É objetivo tornar os resultados deste trabalho, um produto disponível, permanente e expansível para a empresa.

A terceira etapa contempla um estudo e implementação, de pelo menos um caso específico. Foram feitas duas perguntas sobre a implantação dos conceitos. Onde seria mais importante? A resposta seria, os sistemas existentes nas plataformas de maior produção. A segunda pergunta seria, onde haveria maiores dificuldades de implantar? Por coincidência, os de maior produção eram também os de maior dificuldade de implantação. Apesar de ter sido mais trabalhoso e demorado do que o esperado, ao término deste trabalho, foram eliminados os maiores gargalos na execução destes serviços. Nas maiores plataformas, os dois equipamentos mais complicados, por serem sistemas legados e alguns fora de linha, eram os PLCs da família GEFanuc e os supervisórios modelos VXL, com sistema operacional OpenVMS. Foram desenvolvidos e implantados agentes especializados para estas plataformas, a partir da análise das características nativas destes equipamentos.

A quarta etapa, consistiu de embarques para a implantação dos agentes nas plataformas e operacionalização destes novos sistemas integrados a bordo, e nos sistemas em terra.

A última etapa avaliou os resultados e o desempenho da utilização do projeto, depois da utilização dos recursos do projeto implantado.

1.3 Estrutura do Trabalho

Esta dissertação está dividida em seis capítulos.

No primeiro capítulo (**Introdução**), são apresentados os problemas de avaliação dos sistemas de automação, existentes nas plataformas de produção de petróleo, bem como, proposta de melhoria e caminho da solução.

O segundo capítulo (**Situação da Tecnologia**), apresenta uma revisão bibliográfica com foco quase exclusivamente nos sistemas normativos da gestão de ativos. Descreve quanto à sua origem, através da descrição dos principais mecanismos, metodologia e de sua aplicação no controle e melhoria na gestão de ativos. Apresenta também as justificativas para este trabalho.

O terceiro capítulo (**Proposta**), apresenta o projeto da proposta desenvolvida. Primeiro, os dois principais conceitos utilizados. O conceito construído da visão da automação por camadas, aqui chamado de CETAI (Camadas Especializadas de Tecnologia de Automação Industrial). Mostra como a visão de diagnóstico por camadas com base no modelo CETAI, facilita a visão das fragilidades do sistema de automação mesmo para não especialistas. Segundo, mostra como foi projetado a padronização dos *tags* de diagnósticos, gerados pelos agentes implantados. Depois finaliza com a arquitetura geral do sistema chamado de DIA (Diagnóstico Integrado de Automação).

O quarto capítulo (**Aplicação**), apresenta o ambiente de sistemas da empresa na qual foi desenvolvido e implantado o trabalho, descrevendo os principais componentes. Este capítulo ainda apresenta, detalhes necessários para as implementações específicas realizadas. Apresenta, portanto, o desenvolvimento e implementação dos softwares necessários para a construção dos agentes específicos para estas plataformas. Ênfase maior é dada, ao desafio de construir diagnósticos para os blocos de rede Genius e da gestão e implementação de um grande número de eventos e alarmes em cada plataforma.

O quinto capítulo (**Resultados Obtidos**), apresenta os casos de implantação nas plataformas. Detalha como exemplo, o embarque realizado na plataforma P-31, os procedimentos internos e reação do público a bordo. São apresentados o produto final e os resultados obtidos no período estudado. Por fim, é visto o resultado da percepção de algumas lideranças, referente a resultados disponíveis nos bancos de dados em terra.

O sexto e último capítulo (**Conclusão**), apresenta os ganhos obtidos, limitações e propostas para trabalhos futuros.

Os Apêndices apresentam alguns modelos das ferramentas desenvolvidas para geração de diagnósticos nos PLCs, para construção e seu carregamento, nos bancos de dados e telas do supervisor e telas de interface do painel para o sistema DIA.

2 Situação da Tecnologia

De acordo com Groover (GROOVER, 2011), a automação industrial é a tecnologia utilizada para completar um processo sem a participação do ser humano. É composto basicamente por uma fonte de energia, um programa de instruções e um sistema de controle.

Dentre os diversos tipos de indústrias de produção, de acordo com a American Production and Inventory Control Society, APICS, pode-se dividi-las em dois grandes grupos: Indústria de Processo e a Indústria de Produção Discreta (manufatura). Na primeira, o processo de transformação da matéria-prima em produto se dá por meio de mistura, separação, conformação ou reações químicas, ocorrendo de forma contínua, por exemplo, a indústria química e refinaria de petróleo, ou por processos de batelada (lotes), como a indústria alimentícia. A Indústria de Produção Discreta se caracteriza pela execução das operações em quantidades de materiais (peças, unidades de produção), tal qual a indústria automobilística.

Diversos fatores diferenciam os dois principais tipos industriais, tais como o planejamento e controle da produção, as operações típicas, o ambiente de fabricação, e principalmente a automação aplicada aos seus processos e as formas de controle das malhas. Atualmente, enquanto que de forma geral, na Indústria de Produção Discreta os principais sistemas de controle são formados por manipuladores robóticos e controladores numéricos, na Indústria de Processo (tipo indústria do petróleo), predominam os Sistemas Distribuídos de Controle Digital (SDCD), os Sistemas de Aquisição de Dados (DAQ) e os Controladores Lógicos Programáveis (CLP ou PLC). Esta última opção, tem tido uma grande aceitação pelo grande desenvolvimento tecnológico obtido nas últimas décadas, e pela possibilidade de permitir que a indústria possa ter seu desenvolvimento próprio, específico e em partes.

Caracterizando-se como pertencente à Indústria de Processo, de forma contínua, as plataformas de produção de petróleo, passaram por uma evolução até chegar à situação atual, considerada pela empresa como a 4ª geração de automação.

A seguir, um breve histórico da classificação das tecnologias embarcadas nas plataformas de produção no Brasil.

Na 1ª geração por volta de 1984, as unidades utilizavam instrumentos de controle totalmente pneumáticos e descentralizados, com atuação dos operadores obrigatoriamente no campo, e o sistema de supervisão do processo através de painéis semigráficos.

Em 1988 novas unidades apresentavam uma evolução em relação aos componentes pneumáticos, com a utilização de controladores eletrônicos para o processo, aparecendo os PLCs para intertravamento de segurança apenas. Era em sistema de votação, ou seja, eram utilizados mais de um equipamento e o sinal tinha que ser confirmado nos dois para ter efeito. Parte do sistema de supervisão passou a ser feito em microcomputadores. Como desvantagem, cada elemento de campo utilizava sua fiação para enviar a informação ao PLC, resultando em muitos cabos chegando ao mesmo.

A 3ª geração foi com plataformas fabricadas a partir de 1992, voltadas para produção em águas profundas, de 500 a 1000 metros de lâmina d'água. O controle do processo foi centralizado em uma única sala, Sala de Controle Central. Foi introduzindo o conceito de unidades remotas, que reuniam informações de diversos elementos de campo e as levavam para o controlador com uma quantidade bem reduzida de cabos. Neste ponto, o PLC passa a fazer controle de malhas do processo também. Acontece então, a extinção do painel semigráfico e uma tendência a padronização dos sistemas.

A partir de 1997 até os dias atuais, define-se a 4ª geração pela utilização dos PLCs para controle, intertravamento, fogo e gás, elétrica e sistema de lastro. Os PLCs tem redundância, ficando um como principal e outro como reserva. Não tem sistema de votação. O sistema supervisório fica todo concentrado na sala de controle, e é possível o acionamento remoto da maioria dos equipamentos.

Este quadro histórico evolutivo, retrata bem como se formou o cenário descrito no capítulo 1 (Introdução) a partir das plataformas de terceira e quarta geração.

Dada a grande quantidade de sensores, controladores e atuadores que trocam dados constantemente, faz-se necessário acompanhar essa comunicação e manter o seu funcionamento adequado. Igualmente importante, é ter a percepção das falhas e defeitos, com o intuito de manter a segurança das unidades e a continuidade operacional. Chega-se assim ao conceito de ativos e sua gestão.

Como se tratam de instalações industriais existentes e particularizadas em operação, não existem muitos trabalhos acadêmicos tratando do cerne do problema no contexto deste trabalho. Existem no entanto, projetos internos e diversos documentos de acesso restrito, que conceberam estes sistemas que foram a base técnica deste trabalho de pesquisa.

O fato deste mestrado ser profissional e sua base técnica e teórica terem origem em documentação interna da empresa com divulgação restrita (com cláusula de sigilo), dificulta e em alguns casos impede o detalhamento nesta dissertação do projeto realizado.

Em sistemas industriais automatizados, a inatividade provocada pela escassez não planejada de recursos ou por falhas de processo, tem grande influência no desempenho dos sistemas por conta das descontinuidades e instabilidades geradas. Entretanto, aspectos relativos à segurança e ao tempo de resposta, devem ser bem tratados nesses sistemas devido aos riscos envolvidos, humanos, financeiros e ambientais.

O grau de inteligência de um sistema, pode variar de uma entidade completamente controlada a entidades completamente autônomas. O primeiro nível de inteligência é verificado quando um sistema é capaz de gerenciar suas próprias informações, obtidas por meio de sensores e demais técnicas e dispositivos, e não somente manipulá-las. Em um segundo nível, o sistema pode notificar o seu gestor quando há um problema. Num terceiro nível, o sistema já é capaz de tomar decisões e se autogerenciar, sem intervenção externa. Neste caso, o sistema tem controle total sobre suas tarefas e não há nenhum controle externo a ele (PACHECO, 2011).

A proposta deste trabalho é essencialmente que os sistemas de automação industrial das plataformas de produção de petróleo, melhorem e sejam mais eficazes no que diz respeito ao segundo nível de automação. Ou seja, informar de forma mais compreensível, uniforme e de melhor qualidade, os seus gestores, quando há um problema.

2.1 Revisão Normativa

Acreditamos que no momento da publicação deste trabalho, seria muito relevante focar nessa revisão na área normativa de gestão de ativos e engenharia de confiabilidade, pelo fato da norma ISO 55.000 ter sido lançada recentemente (2014). Esta norma além de ser considerada um marco normativo histórico na área, contém praticamente em grande parte, o resultado de todo o esforço normativo escrito anteriormente.

De acordo com a NBR ISO 55.000 (NBR ISO, 2014), ativo é algo que tenha valor real ou potencial para uma organização.

Alguns fatores determinam quais os ativos uma empresa deve preocupar-se em gerir para atingir os seus objetivos:

- A natureza e a finalidade da organização;
- O seu contexto operacional;
- Limitações financeiras e requisitos regulamentares;
- As necessidades e expectativas da organização e de seus *stakeholder*.

A definição de valor pode variar entre diferentes tipos de organização e seus públicos de interesse. Pode ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro. Para muitas organizações, ativos físicos costumam referir-se a equipamentos, inventários, propriedades de posse da organização e contrapõem-se aos ativos intangíveis, não físicos, como aluguéis, marcas, ativos digitais, propriedades intelectuais, licenças de uso, softwares, reputação e acordos.

Ainda de acordo com essa norma, a Gestão de Ativos é a atividade coordenada de uma organização para produzir o valor dos ativos, que envolve equilibrar os benefícios de custos, riscos, oportunidades e desempenhos (figura 2.1).



Figura 2.1 - Gestão de Ativos envolve equilibrar os 4 benefícios.

O termo "atividade" possui significado abrangente e pode incluir, por exemplo, a abordagem, o planejamento, os planos e suas implantações.

Refere-se ainda, à aplicação dos elementos de um sistema de Gestão de Ativos (GA).

Sistema de Gestão de Ativos (SGA), é um conjunto de elementos inter-relacionados e interativos de uma organização que estabelece políticas e objetivos bem como, o processo necessário para o alcance destes objetivos. O SGA é, portanto, um sistema de gestão aplicado à GA.

Os elementos do sistema podem ser definidos como um conjunto de ferramentas que inclui políticas, planos, operações, desenvolvimento de competências e sistemas de informações, que são integrados para apoiar a GA (figura 2.2). Esta norma também define alguns requisitos relacionados a essa gestão:

- Só será eficaz se propor alcançar os objetivos organizacionais;
- Os ativos existem para fornecer valor para a organização e seus *stakeholder*;
- Tem que traduzir a intenção organizacional em decisões técnicas e financeiras, planos e atividades;
- Liderança e cultura do local de trabalho são fatores determinantes da realização do valor;
- A garantia de que os ativos vão cumprir a finalidade exigida, dentro de um processo.

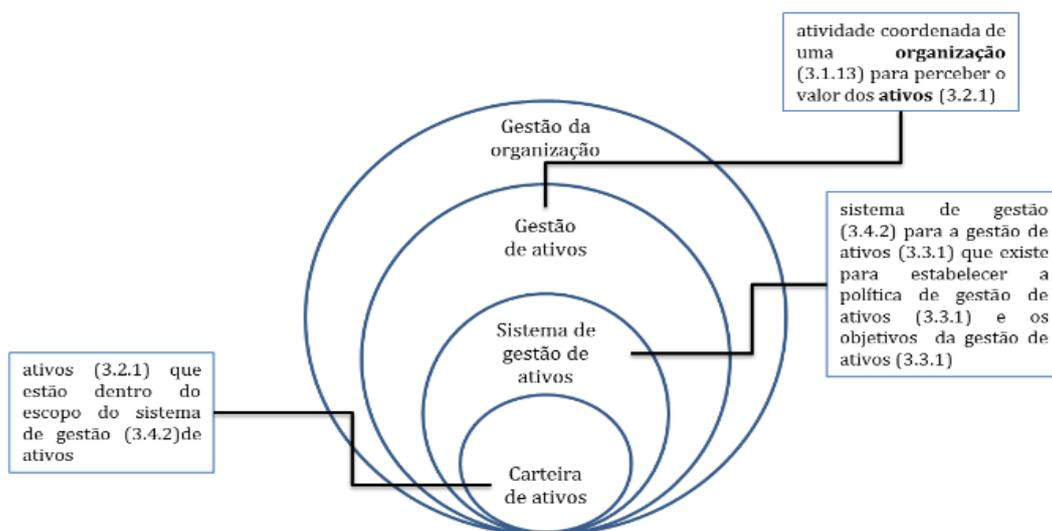


Figura 2.2 - Inter-relação entre a carteira de ativos e a gestão da organização.

Ao gerenciar os ativos, os seguintes benefícios são adquiridos:

- Aumento do desempenho financeiro;
- Transparência na tomada de decisão sobre investimento em ativos;
- Gerenciamento do risco;
- Atendimento das expectativas de clientes e acionistas;
- Demonstração de responsabilidade social;

- Demonstração de atendimento às normas vigentes;
- Aumento da reputação;
- Aumento da sustentabilidade organizacional;
- Aumento da eficiência e eficácia.

Visando a padronização de publicações, normas e processos de certificação, foi criado em 2009 o *Global Forum on Maintenance & Asset Management* – GFMAM, reunindo associações de Gestão de Ativos do mundo todo, resultando na criação da PAS-55.

Segundo a Abraman, a PAS-55 é um procedimento técnico com 28 pontos que visa estabelecer uma gestão abrangente e aperfeiçoar o sistema de gestão para todos os tipos de ativos físicos das empresas. A PAS-55 define a Gestão de Ativos como a aplicação de atividades sistemáticas e coordenadas, através da qual uma organização realiza a gestão, de forma otimizada e sustentável de seus ativos e sistemas de ativos e o seu desempenho associado, bem como riscos e custos ao longo do seu ciclo de vida com o objetivo de alcançar o seu planejamento estratégico.



Figura 2.3 - Evolução do estado da arte normativo.

A NBR ISO 55.000 é entendida como uma evolução da PAS-55, por isso a coleção ISO 55000X (publicada no fim de 2013) contempla todos os requisitos daquela norma (figura 2.3). É um conjunto de requisitos para o processo do ciclo de vida de um sistema de gestão de ativos, que ao serem implementados e mantidos, permitem demonstrar às partes interessadas, como a organização maximiza a probabilidade de alcançar os seus objetivos estratégicos.

Para que cumpra sua função, a gestão de ativos deve ser implementada, e periodicamente revisada, de acordo com o planejamento estratégico da empresa (figura 2.4).



Figura 2.4 - Integração da gestão dentro de uma grande organização.

Da mesma forma que os objetivos estratégicos da organização são desdobrados pelo *Balanced Scorecard (BSC)*, que é uma metodologia medição e gestão do desempenho, em objetivos táticos e operacionais para os setores da organização, a gestão de ativos deve ter seu BSC para traduzir aqueles objetivos operacionais para o sistema de gestão de ativos. Dessa forma, pode-se afirmar que os ativos irão, de fato, suportar o objetivo maior da organização (figura 2.5).

Os requisitos da NBR ISO 55.000 são organizados em sete elementos específicos:

Contexto da organização: entendimento da organização e seu contexto, entendimento das necessidades e as expectativas das partes interessadas e determinação do escopo do sistema de gestão de ativos.

Liderança: liderança e comprometimento, políticas, autoridades, responsabilidades e papéis organizacionais.

Planejamento: ações para lidar com riscos e oportunidades para o sistema de gestão de ativos, objetivos da gestão de ativos e planos para alcançá-los.

Apoio: recursos, competências, conscientização, comunicação, requisitos da informação, informação documentada, crítica e atualização, controle da informação documentada.

Operação: planejamento operacional e controle, gestão de mudanças, terceirização.

Avaliação e desempenho: monitoramento, medição, análise e avaliação, auditoria interna, análise crítica pela direção.

Melhoria: não conformidade e ação corretiva, ação preventiva e melhoria contínua.

Apesar da norma apresentar as melhores práticas que possibilitam às empresas atingirem seus objetivos suportados por seus ativos, ela não apresenta detalhes de como isso deve ser feito. Portanto, são necessárias técnicas que possibilitem essa busca pela excelência operacional. Desta forma, aparecem os aspectos de engenharia de confiabilidade contribuindo para o sucesso da gestão de ativos.

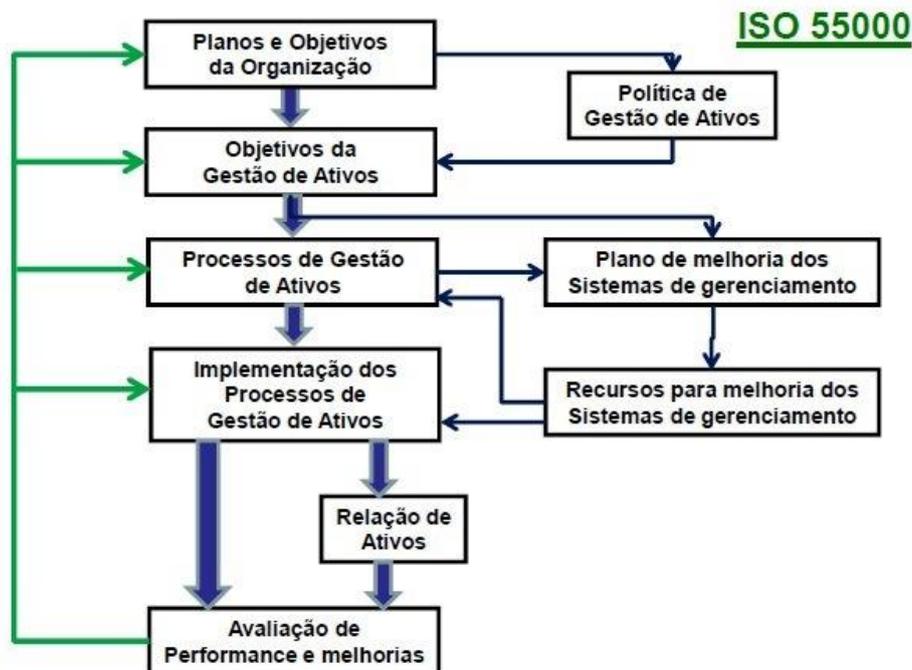


Figura 2.5 - Os objetivos estratégicos da organização, devem se desdobrar para a Gestão de Ativos.

De acordo com a NBR 5462, confiabilidade é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um intervalo de tempo.

Já a disponibilidade é a capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um dado instante ou duração de intervalo, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados.

A Engenharia da Confiabilidade fornece ferramentas teóricas e práticas que permitem especificar, projetar, testar e demonstrar a probabilidade e a capacidade segundo a qual componentes, produtos, equipamentos e sistemas desempenharão suas funções, por períodos determinados de tempo, em ambientes específicos e sem apresentar falhas. Tais técnicas visam o aumento da disponibilidade, redução de paradas não programadas, aumento da produtividade operacional e padronização dos processos de manutenção.

Apesar da confiabilidade ser um parâmetro calculado por uma metodologia estatística e matemática, sua aplicação prática tem impacto direto no risco, custo e desempenho financeiro das organizações.

A ISO 14224, fornece uma base abrangente para a aquisição e tratamento de dados de confiabilidade e manutenção, dentro de um formato padrão para diversos equipamentos de instalações e operações das indústrias de petróleo, gás natural e petroquímicas. Descreve princípios da coleta de dados, termos e definições padrões para trocas de informações entre proprietários, fabricantes e prestadores de serviços, diversos modos de falha para cada tipo de equipamento e práticas de controle de qualidade dos dados.

A Norma IEC 60300 foi dividida em três partes, onde a parte três fornece uma visão geral das técnicas de análise de confiabilidade comumente utilizadas, descrevendo as metodologias usuais, suas vantagens e desvantagens, dados de entrada e de outras condições para a utilização de várias técnicas. Fornece informações necessárias para a escolha dos métodos de análise mais adequados para cada sistema ou componente, que deve ser examinado e decidido por um analista. Como dito anteriormente, também são possíveis associações de mais de uma técnica.

Algumas técnicas de estudo **qualitativo** de confiabilidade são:

FMEA - Análise dos modos de falha e seus efeitos, que estuda falhas que podem existir para cada subitem e os efeitos de cada modo de falha sobre outros subitens;

FMECA - Análise dos modos de falha, seus defeitos e criticidade, que é o FMEA acrescido de uma avaliação de probabilidade de ocorrência e do grau de criticidade das falhas;

MCC - Manutenção Centrada em Confiabilidade, que planeja a manutenção da instalação industrial visando racionalizar e otimizar o plano de manutenção, integrando as diversas formas de manutenção.

As técnicas de confiabilidade **quantitativas** são:

LDA - Análise de Dados de Vida, que compreende os conceitos estatísticos fundamentais para se analisar e calcular as medidas da Engenharia da Confiabilidade, baseado em eventos probabilísticos de falha e sucesso;

SRA - Confiabilidade de Sistema, que a partir do Diagrama de Blocos de Confiabilidade (RBD) (IEC, 2006a) ou a Análise de Árvore de Falhas (FTA) (IEC, 2006b), o sistema é modelado de maneira a representar sua lógica de confiabilidade;

RG - Crescimento da Confiabilidade, que quantifica a melhora positiva da confiabilidade ou suas medidas nos períodos futuros, devido a mudança no projeto de um item ou em seu processo de fabricação.

A análise das frequências de ocorrências é realizada pela técnica de Árvore de Falhas, que tem a definição dos princípios básicos, descrição das etapas, identificação dos eventos e modos de falha, e a identificação e descrição de símbolos comumente usados definidos pela norma IEC 61025. Esta utiliza uma representação gráfica de claro entendimento e que organiza as condições que causam ou contribuem para a ocorrência de um resultado, o "evento de topo". O sucesso ou não dos eventos de entrada irão determinar o sucesso do resultado.

A técnica de análise por Diagrama de Blocos de Confiabilidade usada sem associação, tem aplicação principalmente para sistemas sem reparação e em que a ordem pela qual as falhas ocorrem não é relevante. Outra norma, a IEC 61078 define os procedimentos para a modelagem da confiabilidade de um sistema e para o uso do modelo, a fim de calcular as medidas de confiabilidade e disponibilidade.

2.2 Justificativa

Diversos trabalhos têm sido feitos para melhorar a natureza colaborativa dos sistemas de automação e a aquisição de conhecimento nos campos de produção de petróleo. No entanto, os engenheiros comentam que a realidade dos sistemas de automação construídos atualmente, ou seja, os sistemas reais como estão instalados e operando, dificultam a implantação destas propostas, pela complexidade e diversidade destes sistemas.

O principal objetivo do Mestrado Profissional é formar recursos humanos qualificados em nível de mestrado para o exercício da prática profissional avançada e transformadora de procedimentos, contribuindo para agregar competitividade e aumentar a produtividade nas empresas, estreitando ainda as relações entre as universidades e o setor produtivo. O trabalho de conclusão final do curso, poderá ser apresentado em formatos de patente, desenvolvimento de softwares e aplicativos, relatório técnico com regras de sigilo, manual de operação técnica dentre outros (Portaria Normativa nº 7 do MEC) (MEC, 2009).

O Mestrado Profissional foi escolhido portanto, como o mais adequado para este trabalho, já que o aluno é profissional atuante nos projetos de automação da própria empresa patrocinadora e deseja buscar soluções para problemas da sua prática profissional, dedicando tempo parcial ao mestrado.

O objeto experimental deste trabalho, é a implementação do projeto proposto DIA (Diagnóstico Integrado de Automação), dos seus conceitos subjacentes e de uma instância de implementação usada para fins de verificação.

É importante destacar que várias gerências da empresa foco deste trabalho, têm investido para promover uma maior integração dos sistemas existentes, permitindo que as informações adquiridas sejam mais confiáveis e úteis. A gerência na UO-BC, de Instalações e Processamento de Produção/Automação (IPP/AUT), tem várias ações e projetos nesse sentido.

A ideia principal da proposta DIA, é integrar todos os trabalhos de diagnóstico de automação em andamento nesta unidade de operação UO-BC.

Aproveitou-se a oportunidade de um programa interno da empresa para aumento de eficiência operacional (Proef), que iniciou no segundo semestre de 2013 na gerência de automação industrial da UO-BC. O objetivo inicial deste trabalho era realizar intervenções em todas as plataformas, com a pretensão de aprimorar os diagnósticos existentes. Esta oportunidade única de fazer intervenções diretamente nos sistemas existentes (PLCs e Supervisórios) juntamente com o momento de um trabalho de mestrado profissional sobre o tema, recebeu apoio gerencial para unificar os esforços. O resultado final poderá ser implantado em toda a UO-BC. Existe um potencial de futuramente implantar em outras UOs também.

Na Petrobras, a parte referente a Exploração e Produção de Petróleo (E&P) é dividida em várias Unidades Operacionais. A relevância onde estes trabalhos foram desenvolvidos é que pode ser implantado em toda a Bacia de Campos que além da UO-BC, inclui também a Unidade Operacional do RIO (UO-RIO) e a Unidade Operacional do Espírito Santo (UO-ES) representando aproximadamente 80% da produção do petróleo no Brasil.

Espera-se que o resultado deste trabalho contribua diretamente em melhorias na gestão de ativos da empresa. Como consequência indireta, deverá ter ganhos econômicos por redução ou minimização de paradas de produção e da segurança do processo.

Estes benefícios poderão ser ampliados para todos os sistemas automatizados, já que no futuro poderá ser expandido para todas as demais unidades de produção marítimas e terrestres.

Há que se considerar também os ganhos acadêmicos mais amplos. Os resultados desse trabalho oportunizam e tornam possíveis a partir da generalização das aplicações, onde é possível destacar:

- Utilização da metodologia do DIA em outras indústrias. São candidatos naturais os processos intensivos em automação, com muitos pontos monitorados e controlados, como a indústria petroquímica ou automotiva entre outras;
- Desenvolvimento da metodologia DIA para outras aplicações mesmo não industriais, já que esta abordagem pode ser também ampliada para sistemas automatizados complexos, de forma que possam se beneficiar dos resultados que a abordagem DIA proporciona.

3 Proposta

Um sistema de automação industrial pode ser abordado por camadas. É possível dividir a automação industrial instalada em camadas por especialidades de engenharia. A vantagem principal desta divisão, é a quebra de um grande sistema complexo, em sistemas menores mais compreensíveis e tratáveis pelos respectivos especialistas. Isso facilita muito a responsabilização, estudo e solução de problemas.

3.1 Automação em Camadas (CETAI)

No capítulo 1, foi abordado a dificuldade gerir os sistemas de automação atualmente existentes nas plantas industriais de exploração de petróleo. Consideram-se como componentes pertencentes ao conjunto da automação industrial, desde a instrumentação no chão de fábrica até os acessos corporativos às informações das plantas industriais nas altas camadas da administração da empresa através do banco de dados dos historiadores.

É um panorama complexo pela quantidade grande de sistemas de automação interconectados, de gerações, tecnologias e fabricantes diferentes. Soma-se a isso, o fato da crescente dificuldade de conseguir pessoal capacitado em número necessário e no custo disponível, para entender, tratar e manter todo esse universo.

Um sistema de automação industrial pode ser abordado por camadas. A automação industrial pode conceitualmente ser separada por Camadas Especializadas de Tecnologia de Automação Industrial, chamado aqui neste trabalho de CETAI.

Esse conceito de macro visão pode adequar-se para qualquer arquitetura de automação industrial moderna, não sendo necessariamente restrita para a indústria de extração de petróleo.

O conceito de dividir a automação por camadas, facilita a visualização dos atores deste cenário. Segue a proposta de CETAI (figura 3.1).

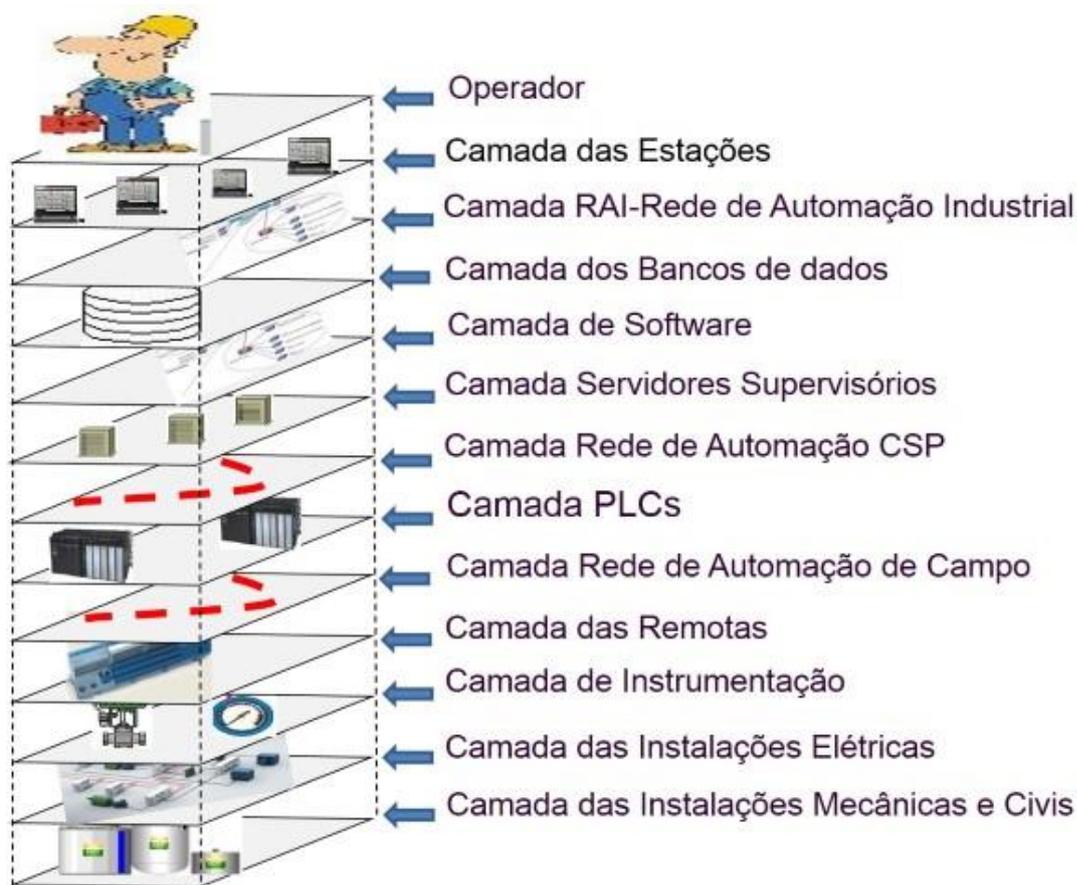


Figura 3.1 – Modelo simplificado do CETAI – Camadas Especializadas da Tecnologia da Automação Industrial.

3.1.1 Camada das Instalações Civas e Mecânicas

Representa as instalações civis e mecânicas da planta para implementar a automação. Refere-se as instalações civis gerais, como as edificações ou as instalações mecânicas como tanques e linhas, que permeiam toda a planta industrial. São os suportes civis para construção da automação, como por exemplo, as salas de controle, salas de painéis, as bases de concreto para suportar o peso e vibrações das grandes bombas e válvulas de controle. Ou seja, é a parte civil necessária para montar a automação do processo.

Da mesma forma, na parte mecânica, refere-se aos suportes mecânicos para a construção da automação. Exemplos são os flanges para a colocação de uma válvula de controle, bombas de diversos tipos, compressores ou outros. Nos sistemas marítimos as parcelas de camada civil são muito pequenas. Mas nas instalações em terra, a contribuição civil é muito relevante. Problemas no sistema de automação industrial provocada por problemas nos componentes civis, consistem de ações da engenharia civil para corrigir a automação. Igualmente, problemas nos sistemas de automação industrial provocada por problemas em componentes mecânicos, consistem de ações da engenharia mecânica para corrigir o funcionamento da automação industrial.

3.1.2 Camada das Instalações Elétricas

Representa o tratamento da geração, distribuição e proteção da energia necessária para alimentar todos os equipamentos de automação, incluindo instrumentação, válvulas motorizadas e bombas elétricas. Inclui rede e quadros de distribuição elétrica por toda a planta. Muitas vezes esta alimentação elétrica, necessita de uma instalação elétrica chamada de especial, que precisa ter nobreaks e geradores elétricos separados. Problemas na automação provocados por esta camada de instalações elétricas, necessitam de uma intervenção da engenharia elétrica da planta.

3.1.3 Camada da Instrumentação

A camada de instrumentação e atuadores da planta, por simplificação, é chamado aqui somente de camada de instrumentação. Corresponde a toda a instrumentação e sensores da planta, mais todos os atuadores e demais equipamentos automatizados. Seriam todos os medidores de temperatura, densidade, nível, pressão, sensores de vazamento de fogo e gás ou outros. Também todos os elementos que atuam nos comandos da planta, como válvulas com atuadores de diversos tipos, todas as bombas, compressores e demais equipamentos para automatizar o processo. Incluem também os sistemas ditos pacotes, equipamentos que já são adquiridos com a toda automação embutida, sendo controlados diretamente pelo PLC ou supervisor. A atuação deverá ser da engenharia de instrumentação ou engenharia de equipamentos dinâmicos.

3.1.4 Camada das Remotas

São painéis de distribuição de pontos de entrada e saída, digitais ou analógicos, que são colocados como concentradores pela planta e ligados em rede. Facilitam e diminuem os serviços de cabeamento de instrumentação. Muitos equipamentos modernos, já se conectam diretamente a essas redes, não precisando mais da utilização de remotas. A atuação deverá ser da engenharia de eletrônica ou controle e automação.

3.1.5 Camada da Rede de Automação de Campo

A rede de automação de grandes plantas, na maioria das vezes é composta de várias redes menores diferentes e em camadas diferentes. O que é chamado de rede de campo é a rede de automação no nível mais baixo, chão de fábrica. Seria a rede que interliga todos os equipamentos e instrumentação e sensores de campo da camada anterior, até as remotas e os PLCs da camada seguinte. Estas redes são os intertravamentos de segurança do processo e não podem falhar. As vezes são determinísticas e tem tratamentos e cuidados especiais. Exemplos são as redes do tipo Modbus, Profibus, Controlnet, DeviceNet, FieldBus Foundation ou outras. A atuação deverá ser da engenharia eletrônica ou controle e automação.

3.1.6 Camada do PLC

Representa todos os PLCs instalados. Estes equipamentos coletam todas as informações de campo disponibilizados pelas remotas, diretamente pela instrumentação e demais sensores disponíveis. Nesta coleta de sinais elétricos de entrada digitais e analógicos, esses sinais são transformados em variáveis de memória, permitindo seu tratamento através de softwares de programação. Também tem a importante função de conter e processar através de sua CPU, os softwares lógicos de controle, intertravamento e segurança do processo e as malhas de controle. Verificam se as condições de segurança e controle estabelecidos para a planta, estão sendo atendidos. Se tudo estiver correto, acionam os comandos recebidos pela operação através das suas saídas digitais e analógicas. Ações nesta camada deverão ser da engenharia de controle e automação.

3.1.7 Camada da Rede de Automação CSP (Controle e Supervisão de Processo)

Também faz parte da rede de automação. É a rede que também interliga equipamentos críticos de segurança que seriam os supervisórios (SCADA) e os PLCs. Normalmente é uma rede redundante, mesmo quando é do tipo Ethernet. A atuação deverá ser da engenharia de telecomunicações ou controle e automação.

3.1.8 Camada do Supervisório

Conhecido como *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)*, são os equipamentos micros ou servidores, que fazem a interface com os equipamentos de campo através do PLC. Contém softwares específicos para conectar com os PLCs. Armazena nos seus bancos de dados internos as variáveis lidas, assim como envia comandos para a planta. A atuação deverá ser da engenharia de software junto com a Tecnologia da Informação (TI) industrial.

3.1.9 Camada de Software

Representa todos os softwares envolvidos na aplicação que está sendo executada. Cada planta de processo, tem seu projeto e automação particularizada para ela. É um bem intangível, porém muito importante para o negócio da empresa. Engloba todas as formas de programas nos diversos níveis. Incluem supervisórios, PLCs, equipamentos, instrumentos ou outros. Também seus suportes, como sistemas operacionais e suas configurações. A atuação deverá ser da engenharia de projeto, engenharia de controle e automação, de computação ou de software.

3.1.10 Camada do Banco de Dados

Numa grande empresa, existem vários níveis de bancos de dados envolvidos na automação industrial. Nesta camada, destaca-se o que fica no servidor SCADA e faz interface direta com o processo industrial. Por razões de segurança não deve ser acessado diretamente.

Existe também um segundo nível de banco de dados chamado historiador. Esse armazena também, todas as variáveis necessárias de campo a todo o momento. Esses dados do historiador, são disponibilizados para as camadas corporativas superiores. Auxiliam na engenharia e gestão do negócio. Atuação da engenharia de software ou de banco de dados junto com TI industrial.

3.1.11 Camada de Rede de Automação Industrial (RAI)

O que é chamado aqui de RAI (Rede de Automação Industrial) corporativa, é a maior das três redes de automação mencionadas das camadas anteriores. Atinge todos os pontos necessários para levar os serviços disponíveis pela planta, em todo o parque industrial. É geralmente uma rede corporativa de uso restrito da engenharia e operação. Difere da rede comum de informática corporativa da empresa e normalmente tem várias camadas de proteção entre as duas. Falhas nesta rede, requer a atuação da engenharia de telecomunicações ou redes.

3.1.12 Camada das Estações de Trabalho

São também conhecidas como Interfaces Homem Máquina (IHM). Estes microcomputadores ou equipamentos especializados podem estar concentrados numa sala de controle, ou estarem distribuídos entre as várias partes da planta. Podem estar até em ambientes corporativos, conforme sua função e projeto. Contém sinópticos dos processos das plantas, com a indicação em tempo real dos valores das variáveis lidas. Quando definida em projeto, conterà também telas de comando para a planta, como por exemplo ligar ou desligar bomba. Análise e correção de problemas nestes equipamentos, cabe a engenharia de infraestrutura ou TI.

3.1.13 Camada do Operador

Representa os profissionais, engenheiros de processo, operadores e técnicos das plantas.

Não adianta ter só uma robusta e confiável tecnologia instalada em uma camada, sem ter a dimensão real da fragilidade e robustez das outras. Se o equipamento PLC tem alta disponibilidade e confiabilidade, mas a rede de comunicação é feita por exemplo, por rádios com problemas de estabilidade de sinal, a qualidade total do sistema de automação real da planta, não é boa. Se o diagnóstico do PLC, por exemplo, indica que este sistema está bem, mas não consegue mandar o comando por causa de falha em outra camada, todo o sistema estará indisponível.

Como foi visto anteriormente, da parte mais básica da engenharia civil até as mais altas esferas administrativas da empresa, todos estão envolvidos com as informações disponibilizadas pelos sistemas de automação industrial.

A proposta da divisão de uma macro visão da automação por camadas de especialização (CETAI), separa as diversas engenharias por responsável. Nas grandes corporações, essas engenharias, muitas vezes estão também em coordenações e até gerências diferentes.

A separação da visão da automação industrial em camadas facilita, portanto, a logística da gestão da solução de problemas. Resumindo, esta visão por camadas encontra mais facilmente o responsável técnico e logístico pelo tratamento de falhas (figura 3.2).

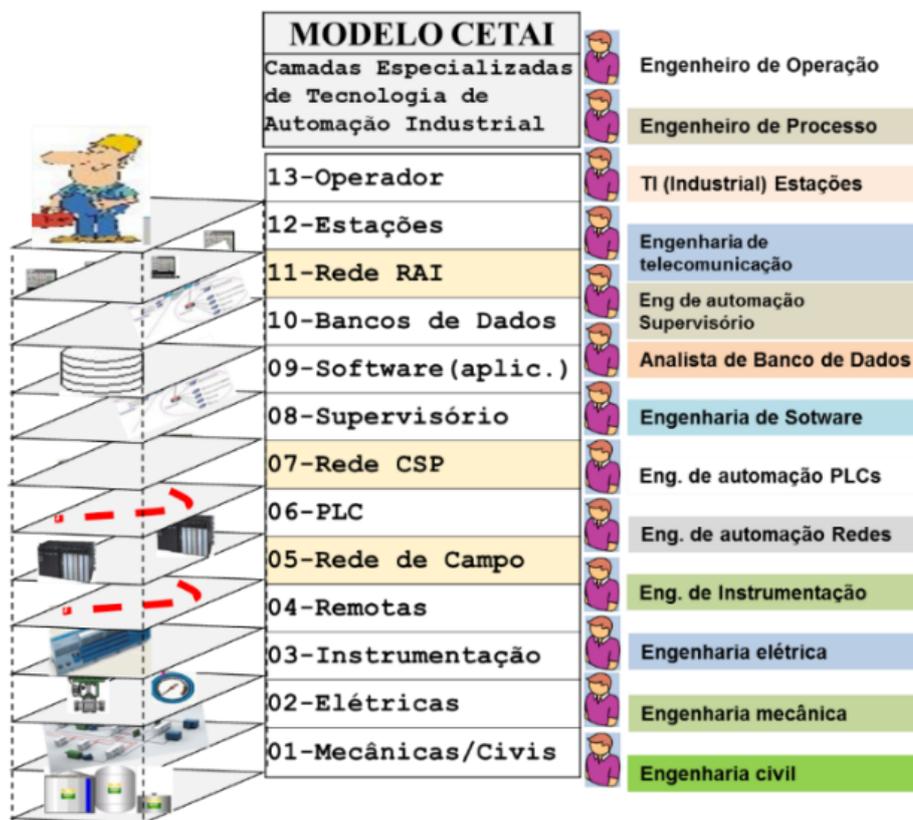


Figura 3.2 – Gerências e engenharias envolvidas com responsabilidades técnicas diferentes.

3.2 Diagnóstico por Camadas

Com base na separação feita das camadas de um sistema de automação industrial anterior, pode-se construir o modelo de diagnósticos por camadas e uma proposta de implementação.

Cada uma das 13 camadas de automação descritas: civil e mecânica, elétrica, instrumentação, remota, rede de campo, PLC, rede CSP, supervisório, software, bases de dados, rede de automação, estações de trabalho, até o operador, tem seu estudo próprio de disponibilidade e confiabilidade dos seus elementos (figura 3.3).

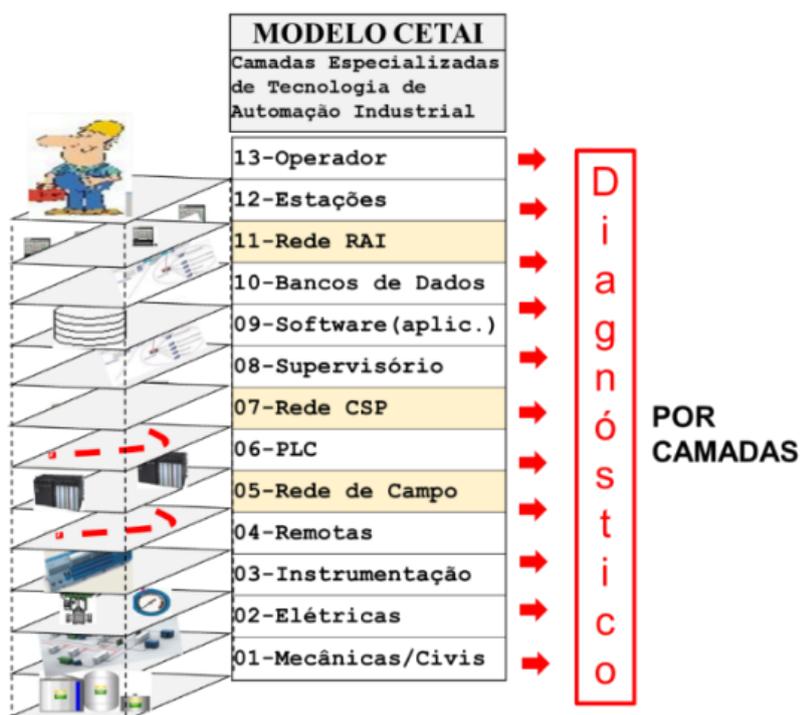


Figura 3.3 – Conceito de Diagnóstico de Automação por Camadas.

Quando os diagnósticos são levantados e tratados separadamente por camadas, o resultado pode ser observado em uma maior eficácia e redução de tempo no sentido de entender e resolver os problemas, por mais complexos que eles sejam.

Quanto mais forem conhecidos os pontos de falha e direcionados corretamente para as engenharias e especialistas que farão este tratamento, menor será o tempo de retorno ao estado operacional.

Em geral, confiabilidade ou fiabilidade é a capacidade de um sistema de realizar e manter seu funcionamento em circunstâncias de rotina, bem como em circunstâncias hostis e inesperadas.

A força de uma corrente é igual a força do seu elo mais fraco. Diferentemente, a disponibilidade total de um sistema de automação, é menor que a disponibilidade da sua camada mais frágil.

A figura 3.4, mostra como numa visão de diagnóstico por camadas, é mais fácil visualizar o peso que a disponibilidade e a confiabilidade que cada camada tem para o funcionamento total da automação instalada.

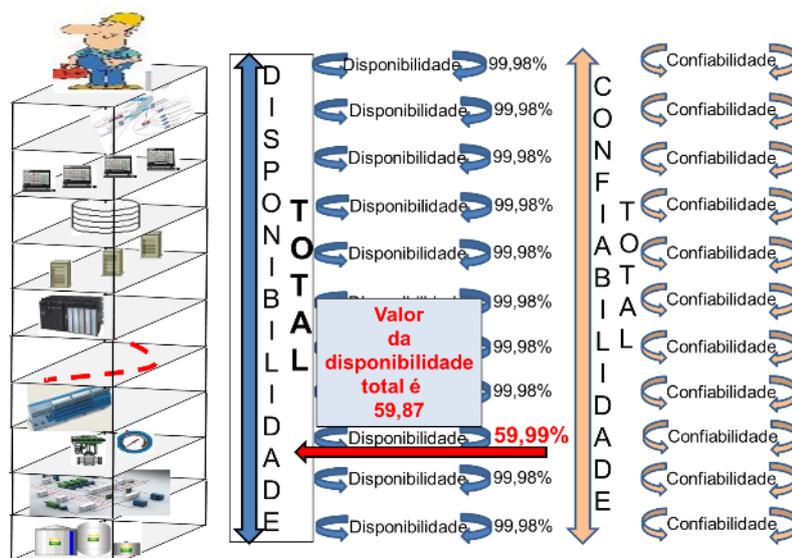


Figura 3.4 – Disponibilidade e Confiabilidade por Camadas.

Um sistema de alta disponibilidade é um sistema resistente a falhas de hardware, software e energia, cujo objetivo é manter os serviços disponibilizados o máximo de tempo possível.

Em relação a redundância, geralmente, quanto maior for a disponibilidade que se deseja construir numa camada, maior será a redundância e custo da implementação para as soluções. Tudo depende do tipo de serviço que se pretende disponibilizar.

Independentemente da solução adotada, existem sempre dois parâmetros que possibilitam mensurar o grau de tolerância à falhas que são: o **tempo médio entre as falhas** ou *Mean Time Between Failures (MTBF)* e o **tempo médio de recuperação** ou *Mean Time To Repair (MTTR)*. Este último refere-se ao tempo médio, que decorre entre a ocorrência da falha e a total recuperação do sistema ao seu estado operacional. A disponibilidade de um sistema pode ser calculada pela fórmula:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

Equação 3.1- Disponibilidade.

3.3 Tags de Diagnóstico

Os fabricantes de PLC tem sua própria forma de definir mensagens e diagnósticos internos dos seus sistemas. Até numa mesma camada e de um mesmo fabricante, tecnologias diferentes dificultam o entendimento da informação. Numa camada de rede de campo, por exemplo, as mensagens nativas de diagnósticos de uma rede tipo Modbus, por exemplo, são diferentes no formato de mensagens de redes Profibus, Devicenet ou outros. Como receber dados brutos tão disformes e difusos e torná-los genéricos e mais fáceis de entender?

Também existem especialidades de engenharias diferentes. Esta mensagem de diagnóstico precisa estar disponível e facilmente tratada por um engenheiro de telecomunicações, um engenheiro de automação, um engenheiro eletricista ou qualquer outro profissional de qualquer outra área afim envolvida. É possível obter as informações de diagnóstico de diferentes camadas de automação, diferentes tecnologias e diferentes fabricantes, entregando aos seus respectivos responsáveis, informações uniformes e inteligíveis. Portanto, os desafios para tornar a metodologia genérica são grandes. É necessário criar um padrão para o formato dessas mensagens.

Se todas as mensagens vierem num formato semelhante conhecido, todos vão poder avaliar o conteúdo destas mensagens, não importando mais o que está instalado na plataforma 1, na plataforma 2 ou qualquer outra (figura 3.5).

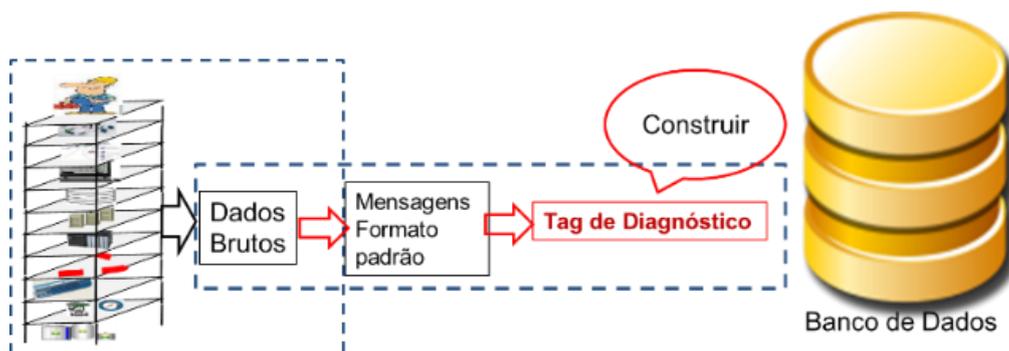


Figura 3.5 – Proposta de dados chegar em formato genérico conhecido.

É importante ter mensagens construídas de forma aberta e genérica. Para isso, será construída inicialmente uma matriz de classificação do prefixo das mensagens de diagnósticos.

Na coluna temos as camadas de automação industrial. Essa primeira classificação tem o objetivo de utilizar o modelo de camadas CETAI para estabelecer o responsável pelo alarme.

Ficou definido ainda que dentro de uma camada genérica de diagnóstico, esta possa ser subdividida em outras partes que dependam do projeto de automação concebido. No caso do sistema de automação das plataformas de produção da 4ª geração, nas camadas do nível dos PLCs, existe uma divisão em 5 subsistemas principais que são: processo, elétrica, fogo e gás, segurança e lastro. Estas subdivisões, auxiliam os filtros dos bancos de dados a separar os alarmes na sua origem para uma consulta. Uma falha na camada de PLC de elétrica por exemplo, dá uma indicação que um engenheiro de automação deve atuar para corrigir o problema. Mas um engenheiro eletricitista saberá também que uma falha no seu sistema está acontecendo, por uma falha no PLC de elétrica.

Um exemplo deste levantamento é apresentado na figura 3.6, onde as informações nativas de diagnósticos do PLC do fabricante GE FANUC são divididas conforme sua origem de falha.

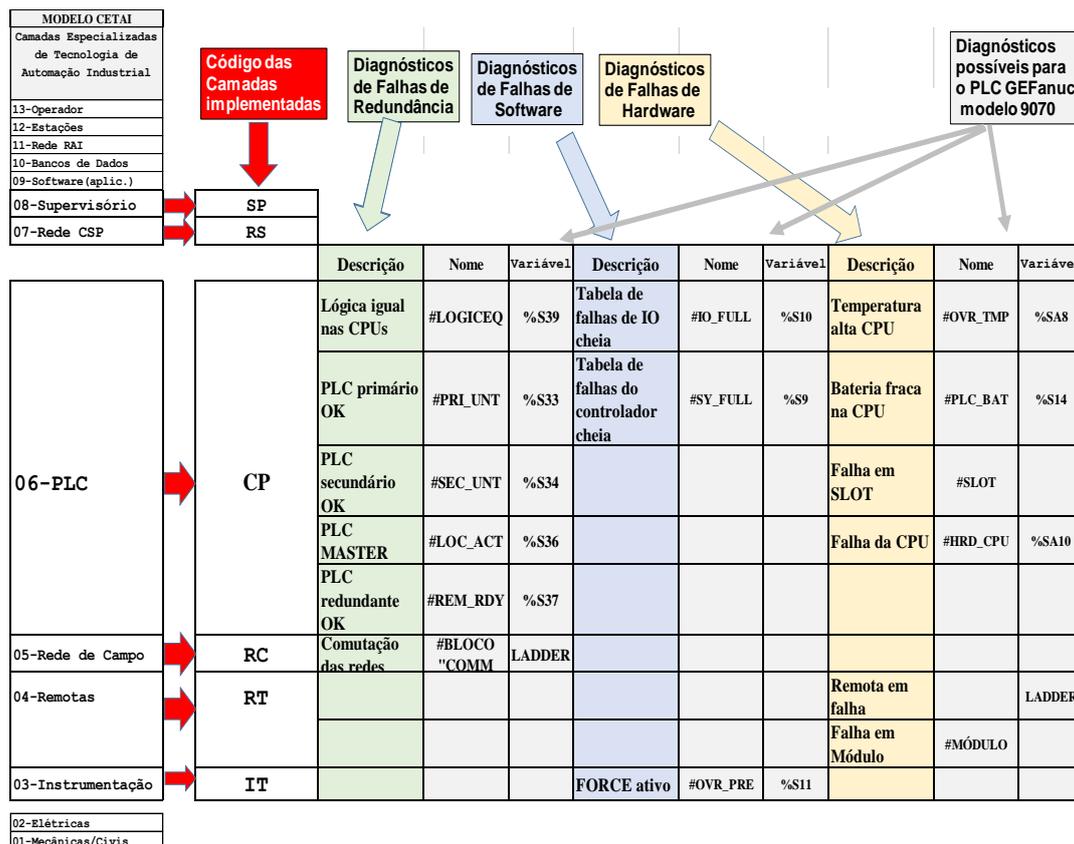


Figura 3.6 – Mapeamento dos diagnósticos nativos dos PLCs GEFanuc no modelo CETAI.

Depois viria um mnemônico da mensagem de status ou falha. Um mapeamento das falhas nativas de cada fabricante, foi realizada para tornar estes mnemônicos padronizados e reconhecíveis seja qual for a origem (figura 3.7).

Foram definidos mnemônicos padronizados de 5 caracteres para

	Mnemônico	Descrição	Mnemônico	Descrição	Mnemônico	Descrição
CP	LGNEQ	Lógica igual nas CPUs	IOFUL	Tabela de falhas de IO cheia	TMPHG	Temperatura alta CPU
	CPPRI	PLC primário OK	SYFUL	Tabela de falhas do controlador cheia	BATLW	Bateria fraca na CPU
	CPSEC	PLC secundário OK			SLTFL	Falha em SLOT
	CPMST	PLC MASTER			PLCFL	Falha da CPU
	SCRDY	PLC redundante OK				
RC	BSMSW	Comutação das redes				
RT					BLCFL	Remota em falha
					MODFL	Falha em Módulo
IT			FCATV	FORCE ativo		

Figura 3.7 – Mensagem de falha semelhante para todos os equipamentos.

Esta tabela foi implantada para o GEFanuc, mas a ideia seria adotar esta construção de mensagens, para qualquer alarme e evento de diagnóstico gerado, em qualquer tipo dos principais equipamentos dos demais fabricantes que são utilizados nas plataformas, que são Altus, Siemens, Rockwell (figura 3.8).

		GEFanuc 9070		ALTUS		SIEMENS		ROCKWELL	
Mnemônico	Descrição	Nome	Variável	Nome	Variável	Nome	Variável	Nome	Variável
CP	LGNEQ	Lógica diferente	#LOGICEQ	%S39					
	CPPRI	PLC primário OK	#PRI_UNT	%S33					
	CPSEC	PLC secundário OK	#SEC_UNT	%S34					
	CPMST	PLC MASTER	#LOC_ACT	%S36					
	SCRDY	PLC redundante OK	#REM_RDY	%S37					
	IOFUL	Tabela de falhas de IO cheia	#IO_FULL	%S10					
	SYFUL	Tabela de falhas do controlador	#SY_FULL	%S9					
	TMPHG	Temperatura alta CPU	#OVR_TMP	%SA8					
	BATLW	Bateria fraca na CPU	#PLC_BAT	%S14					
	SLTFL	Falha em SLOT	#SLOT						
	PLCFL	Falha da CPU	#HRD_CPU	%SA10					
RC	BSMSW	Comutação das redes	#BLOCO "COMM REQ"	LADDER					
RT	BLCFL	Remota em falha		LADDER					
	MODFL	Falha em Módulo	#MÓDULO						
IT	FCATV	FORCE ativo	#OVR_PRE	%S11					

Figura 3.8 – Mesma definição de mensagem para os demais equipamentos.

O formato adotado ficou assim:

D_ - O tag inicia com a marca única "D_", que é utilizado como chave para diferenciar dos demais tags do processo já existentes nas plataformas;

_CP - camada do PLC;

FG – subsistema de proteção e detecção de Fogo e Gás;

LGNEQ - mnemônico da falha. Texto reduzido padronizado referente a mensagem da falha;

Lógica diferente – Descrição da mensagem.

Depois foram criadas duas características importantes para as mensagens. Contudo pelas dificuldades de sua atribuição, foram flexibilizadas. Foram tornadas opcionais onde não foi possível implantá-las. Foram definidas no final da mensagem, o que permite que sejam colocadas pela engenharia em terra no próprio banco de dados (figura 3.9).

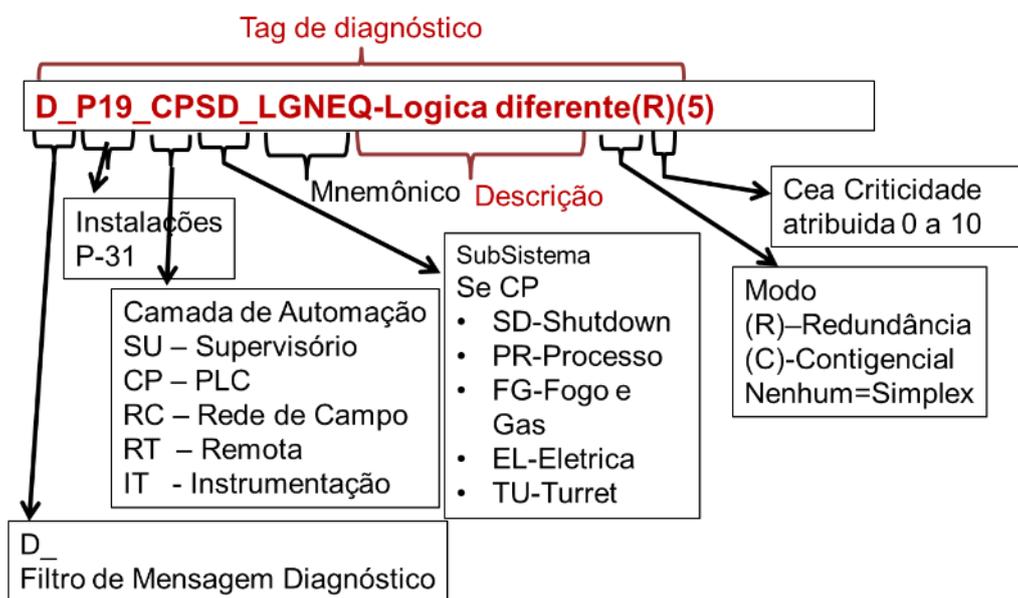


Figura 3.9 - Detalhamento do Tag e suas tabelas no banco de dados.

Estas duas características aprofundam nas definições das ações necessárias, para a solução dos problemas e nos levantamentos das disponibilidades dos sistemas.

A primeira característica considera a avaliação se o equipamento é redundante (R), contingente (C) ou único (não indicado na mensagem). Um equipamento redundante em falha ainda está disponível. Por exemplo, se tem dois PLCs redundantes, e um dos dois cair, o sistema continua operacional, portanto disponível. Redundante significa dois equipamentos exatamente iguais e com a mesma capacidade de atuação. Se o equipamento de reserva é contingencial, este assegura apenas parte da atuação, comprometendo de alguma forma a eficiência do sistema.

Por exemplo, se tem uma rede de automação principal de 10 Mbs de velocidade e uma contingencial de 1 Mbs, se a principal cair, a eficiência total fica comprometida, porque a banda é 10 vezes menor. Equipamento simples não tem contingência nem redundância. Quando esta característica (R) ou (C) não está atribuída, ou seja, não está na mensagem, a falha é tratada como sendo em um equipamento simples (único).

A importância das ações de reparo depende também do peso da criticidade do elemento para com a camada. Ou seja, quanto este equipamento impacta na produção e segurança do processo em que ele atua.

Esta característica seria também atribuída através de tabelas nos bancos de dados em terra (figura 3.10).

(0) – Cea = Criticidade do elemento atribuído. Varia de 0 a 10. Indica quanto de crítico é a falha para a camada do sistema. O zero (0) indica que o elemento está fora do sistema ou em manutenção. Quando não é atribuído o valor, é assumido o valor 10 (importância total). Deverá ser atribuído posteriormente pelas engenharias.

Padronização do TAG de diagnósticos								
Tag de Diagnóstico	Instalações	Camada	SubSistema	Mnemônico	Descrição	Tag Completo	Modo (opc)	Cea (opc)
D_	P31	_CP	SD	LGNEQ	Lógica diferente	D_P31_CPSD_LGNEQ-Lógica diferente (R) (5)	R	5
D_	P34	_CP	PR	IOFUL	Tabela IO cheia	D_P31_CPPR_IOFUL-Tabela IO cheia (R) (5)	R	5
D_	P35	_CP	PR	SYFUL	Tab.falhas cheia	D_P31_CPPR_SYFUL-Tab.falhas cheia (R) (5)	R	5
D_	P36	_CP	PR	TMPHG	Temperatura alta CPU	D_P31_CPPR_TMPHG-Temperatura alta CPU (R) (8)	R	8
D_	P37	_CP	PR	BATLW	Bateria fraca CPU	D_P31_CPPR_BATLW-Bateria fraca CPU (R) (2)	R	2
D_	P38	_CP	PR	PLCFL	Falha da CPU	D_P31_CPPR_PLCFL-Falha da CPU (R)	R	10
D_	P39	_RC	EL	BSMFL	Falha Comutação Rede	D_P31_CPEL_BSMFL-Falha Comutação Rede		10
D_	P40	_RT	EL	BLCFL	Remota em falha	D_P31_CPEL_BLCFL-Remota em falha (5)		5
D_	P41	_IT	EL	FCATV	FORCE ativo	D_P31_CPEL_FCATV-FORCE ativo		10

Figura 3.10 – Formato padrão de Tag de diagnóstico adotado.

Alguns equipamentos existentes nas plataformas, tipo supervisor e PLC, por serem mais antigos, têm limites nos tamanhos das mensagens. No caso dos sistemas supervisórios implantados como o do modelo VXL, estes limites existem. Uma versão compacta da mensagem foi criada para utilização nesses sistemas (figura 3.11). Cabe ao banco de dados em terra quando necessário, através de tabelas específicas, completar ou melhorar estas mensagens e descrições.

Portanto no projeto realizado, foi adotado o formato de mensagem assim:

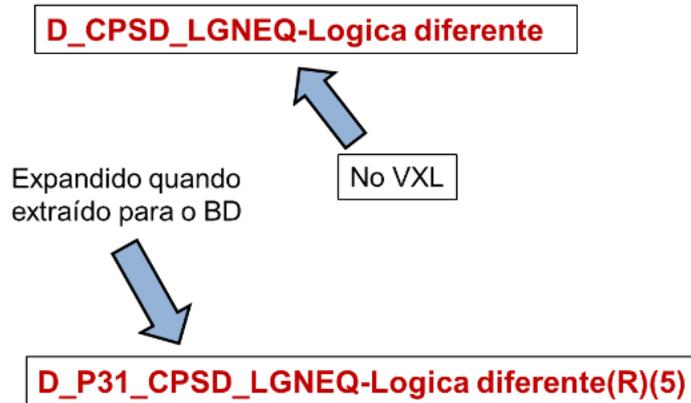


Figura 3.11 – Mensagens compactadas pelo limite de tamanho da mensagem para o VXL.

Dessa forma, para permitir a implementação inicial nos agentes instalados, parte destas informações podem ser montadas no banco de dados em terra, depois das mensagens compactadas, serem recebidas por eles.

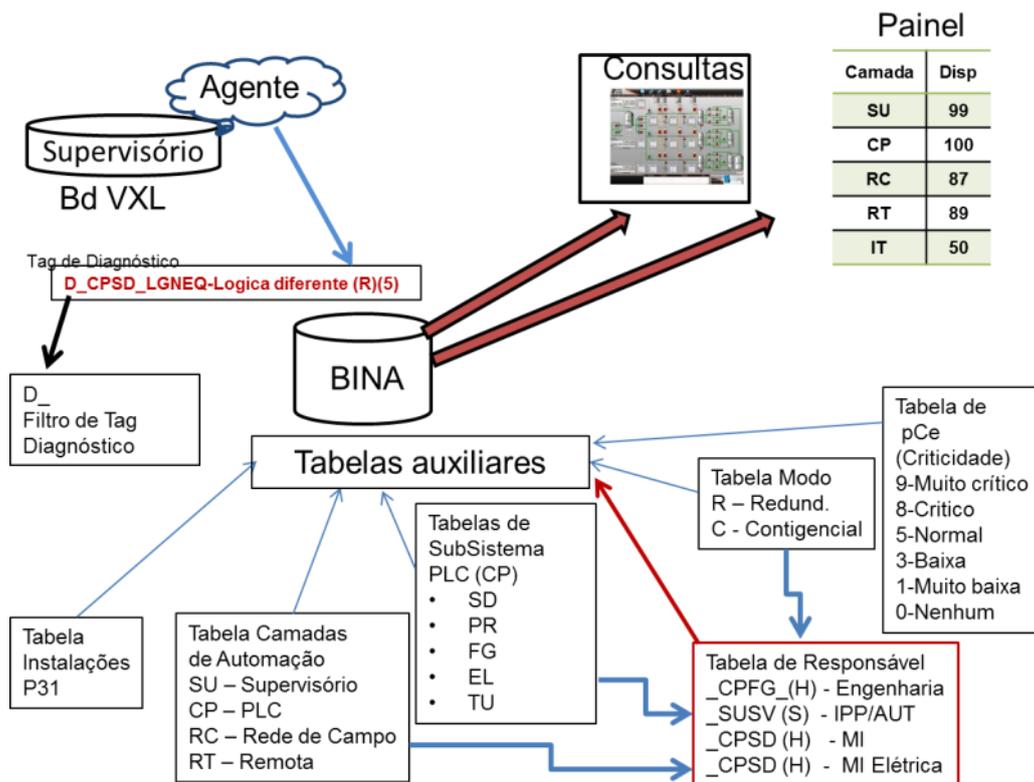


Figura 3.12 – Visão geral da interação do Tag e Banco de dados.

3.4 Objetivo 1 - Pesquisa de Diagnóstico

Como descrito, existe um servidor em terra que armazena estes dados de todas as plataformas em grandes quantidades. Dessas informações, as de diagnósticos padronizadas que foram implantadas, trazem informações da saúde dos sistemas de automação das plataformas, das suas diversas camadas e de seus diversos elementos que a compõem. Pode-se introduzir filtros e algoritmos para tratá-las e classificá-las, para atender consultas solicitadas pelos clientes, conforme sua necessidade de visão do problema (figura 3.13).

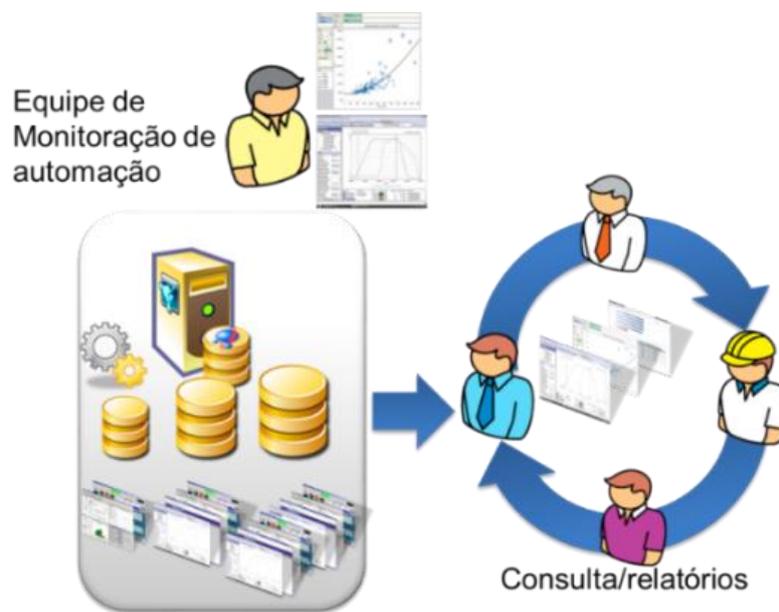


Figura 3.13 - Grande massa de dados que precisam se tornar entendíveis.

3.5 Objetivo 2 - Malhas de Atendimento

Trabalhando o conceito de malha de análise e atendimento. Como vimos anteriormente, esta visão separada em malhas de atendimentos diferentes, facilita a identificação dos atores na solução dos problemas, conforme a logística, tempos e ações diferentes de cada equipe.

3.5.1 Atendimento em Malha Rápida

Seria a logística de ações imediatas. As ações realizadas diretamente a bordo da plataforma, obtidas através de informações nas telas do próprio supervisor. Para esse caso, monitoramento e ação local rápida, os diagnósticos devem aparecer nas telas do supervisor.

As ações de malha rápida devem ser tratadas pela equipe de manutenção embarcada existente (figura 3.14). Ela não pode depender do envio da mensagem a um banco de dados em terra e o tempo de processamento, para retorno do diagnóstico a bordo. Isso definiu a necessidade de desenvolver telas sinópticas no supervisor de operação. Não são alarmes e eventos para os operadores, e sim para a manutenção. Foram agrupadas todas essas mensagens de diagnóstico num grupo específico de mensagens, que no projeto foi chamado de MANUT (Manutenção). Dessa forma são filtradas e agrupadas as mensagens de eventos e alarmes, independente de todos os outros alarmes e eventos gerados nas plataformas em produção.

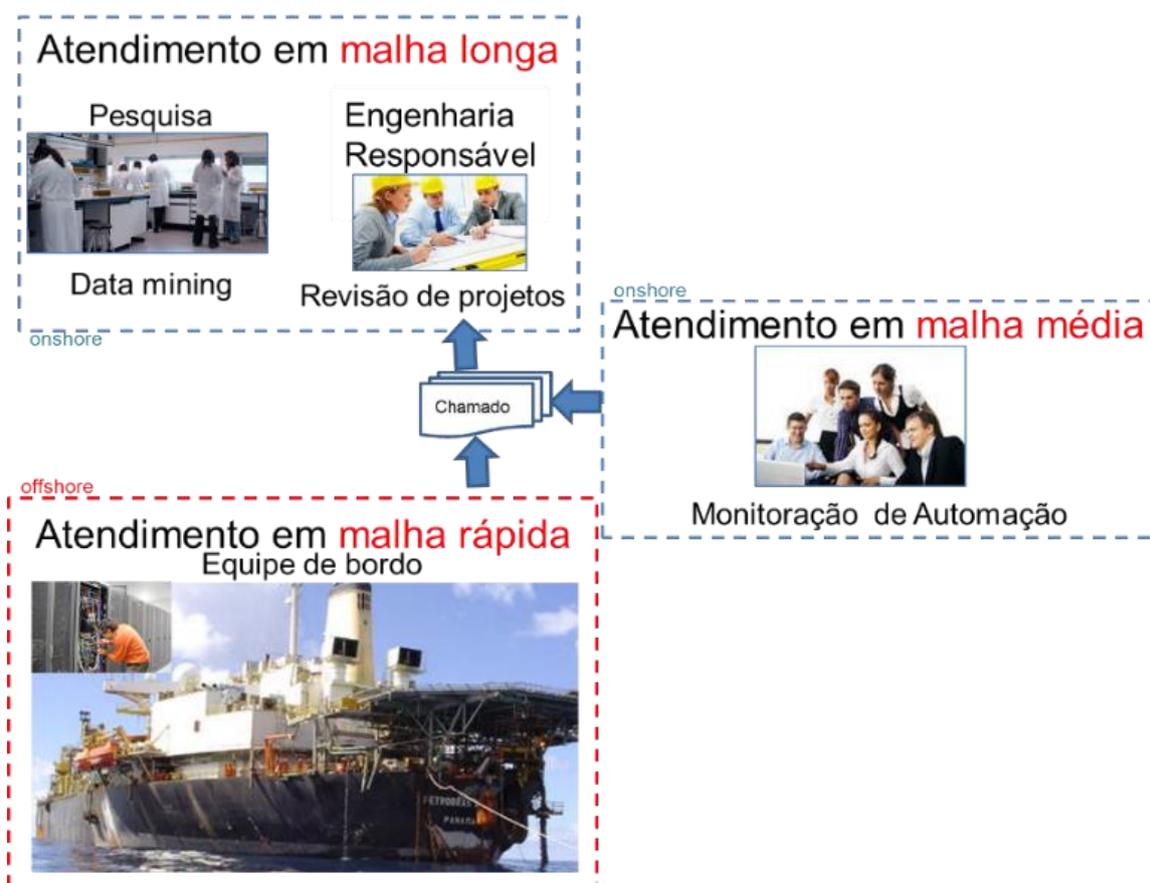


Figura 3.14 - Representação das malhas de atendimento.

3.5.2 Atendimento de Malha Média

Seriam as ações de uma equipe de monitoramento e vigilância de automação em terra, também já existente. A logística de malha média, corresponde a uma equipe de monitoração e vigilância de automação, dedicada a analisar e disparar ações e indicadores sobre o comportamento dos sistemas de automação.

Tendo um banco de dados em terra, com todas as informações disponíveis, é possível estabelecer uma série de serviços de suporte tais como:

- Para falhas detectadas e não tratadas diretamente pela malha rápida a bordo; abrir chamado de serviços de atendimento (ordem de serviço), para o responsável correto.

- Criar indicadores e quadros estatísticos sobre a condição geral dos sistemas.

Esta equipe atualmente existe e já está estruturada na gerência de automação da UO-BC. Ela tem, no entanto, dificuldades de tratar os dados brutos obtidos dos sistemas existentes, pela falta de critérios uniformes de construir as mensagens enviadas para terra. As mensagens de diagnósticos padronizadas criadas por este projeto, estão agora sendo geradas e armazenadas nestes bancos de dados. Estas novas mensagens, agora padronizadas, melhoram e ampliam a capacidade desta equipe de tratar as informações recebidas.

3.5.3 Atendimento em Malha Longa

Seria o atendimento resultante de dois tipos de ações. Primeiro, problemas que requerem tratamentos mais longos como adequações de projetos e obras a bordo. Segundo, seriam equipes de engenharia de confiabilidade e de modelos estatísticos.

A primeira equipe de adequações ou revisões de projeto, faz parte de uma gerência específica de projetos, construção e montagem. São acionados pelas equipes de malha rápida e malha média, quando necessário estes tipos de intervenção.

A segunda ação corresponde às análises das tendências históricas acumuladas dos diagnósticos, armazenados no banco de dados. Refere-se aos dados acumulados do comportamento passado dos sistemas. Seriam pesquisados e estudados pelas equipes de tratamento de malha longa. Um trabalho de mineração de dados em conjunto com análise estatística multivariada pode obter, entender e

antecipar vários comportamentos dos equipamentos, conforme suas condições de processo.

Essas informações podem melhorar a logística e estruturação de estoques e equipes de manutenção, além de estar relacionada diretamente a construção de uma engenharia de confiabilidade.

3.6 Objetivo 3 - Indicadores por Camadas

O último objetivo e subproduto deste projeto, é criar meios de se obter um painel que permita indicar a qualidade dos sistemas de automação industrial envolvidos nessa produção.

Atualmente os campos de produção de óleo e gás, são avaliados pela sua produção em volume de barris de petróleo equivalente por dia ou metros cúbicos por dia.

Existe uma forte tendência mundial para a utilização do indicador de Eficiência Global de Equipamentos ou OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), como forma de gestão e melhoria contínua de equipamentos.

A principal justificativa para a obtenção de índices, está apoiada na dificuldade de analisar as reais condições atuais de utilização dos recursos produtivos. A utilização do indicador OEE, permite que as empresas analisem as reais condições da utilização de seus ativos. Estas análises das condições, ocorrem a partir da identificação das perdas existentes nos equipamentos, envolvendo índices de disponibilidade, performance e qualidade (CHIARADIA, 2004).

A medição da Eficiência Global de Equipamentos pode ser aplicada de diferentes formas e objetivos nas fábricas e porque não também, nos campos de produção de petróleo. O OEE permite a partir de uma medição simplificada, indicar áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias, bem como pode ser utilizado como "*benchmark*", permitindo as melhorias desenvolvidas nos equipamentos, células ou linhas de produção ao longo do tempo. A análise do OEE de uma unidade de produção, permite identificar o recurso com menor eficiência, possibilitando desta forma, focalizar esforços neste recurso.

A Eficiência Global dos Equipamentos ou OEE, é calculada através do produto dos índices de disponibilidade, performance e qualidade.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade}$$

Equação 3.2 – OEE – Eficiência Global dos Equipamentos ou Overall Equipment Effectiveness.

Onde pode-se considerar:

$$\text{Disponibilidade} = (\text{Tempo Operação} - \text{Tempo Paradas}) / \text{Tempo Total}$$

$$\text{Performance} = \text{Produção Realizada} / \text{Produção Planejada}$$

$$\text{Qualidade} = \text{Produtos Sem Rejeito} / \text{Total de Produtos}$$

Equação 3.3 – Disponibilidade, Performance e Qualidade.

O que afeta o OEE de uma planta?

O ambiente de produção atual é complexo e envolve uma série de variáveis, sistemas e pessoas. E quanto mais complexo fica, maior a possibilidade de erros.

Alinhando os maiores contribuidores de ineficiência com os componentes principais do cálculo do OEE (Silva, et al., 2013), conhece-se que as principais causas de ineficiências são:

Na Disponibilidade:

- Falhas de Equipamentos / Paradas
- Setups de Máquinas e Ajustes

Na Performance:

- Tempo Inativo
- Velocidade de Processo Reduzida

Na Qualidade:

- Perdas
- Rejeitos

Através da medição de todos esses fatores, os envolvidos no processo terão um melhor entendimento e visualização do chão de fábrica e podem focar principalmente nas áreas de ineficiência. Este indicador leva em consideração diversos fatores da indústria de manufatura. No

caso da indústria de processo de exploração de petróleo, as principais medições de performance e qualidade se resumem em conhecer eficiência de produção da planta. Neste caso, a eficiência de produção tem como base, conhecer o volume da produção real versus a capacidade dos poços do campo, mais a capacidade de coleta, separação, tratamento e escoamento da planta.

Como no caso de produção de petróleo, já é conhecido todas as capacidades das plantas, o indicador OEE com algumas pequenas adequações, poderia dar uma informação geral mostrando a eficiência global das plataformas. Todavia não diriam, quanto os sistemas de automação são responsáveis por esses ganhos e perdas.

Os sistemas de produção automatizados estão cada vez mais sofisticados e complexos, e com pressões e exigências cada vez maiores das agências reguladoras, sindicatos e governo. A quantidade de processos monitorados numa plataforma são tão grandes, que não podem mais serem realizados só com a ação do homem. Sem uma automação funcional e operante, simplesmente não tem produção ou esta é impactada profundamente.

Saber ou ter indicações confiáveis de como estes sistemas de suporte estão íntegros, dá um direcionamento muito mais preciso de quanto as equipes de manutenção, construção e montagem, engenharia, automação e produção, precisam se empenhar para garanti-los.

No que se refere a tecnologia de automação, como garantir e aumentar as chances destes mesmos sistemas produzirem a mesma quantidade de petróleo amanhã?

É possível identificar pontualmente o que é crítico, e automatizar através de sistemas e processos, a solução desses problemas?

Nos contribuidores para a disponibilidade, foi visto acima que um item principal é "Falha de Equipamento/Parada". Uma melhoria na identificação e tratamento desses itens responsáveis pela disponibilidade, podem ser obtidas pela implementação completa do sistema DIA e todos os seus subsistemas.

A ideia é ter um indicador total por plataforma que estamos chamando de ITA (Índice de Tecnologia de Automação), que retrate esta qualidade dos sistemas de automação, com base no diagnóstico por camadas (figura 3.15).

Painel de Situação

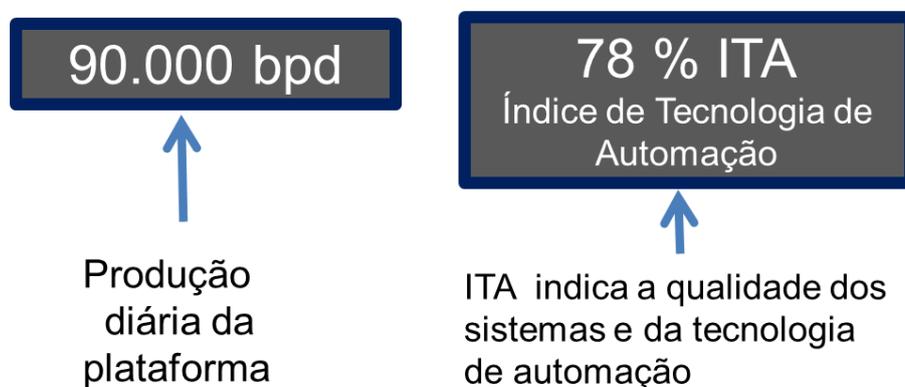


Figura 3.15 - Painel de situação de uma plataforma. Produção + Disponibilidade dos sistemas de automação.

Para encontrar o valor do indicador ITA de uma plataforma, é preciso construir um subíndice para cada Camada de Diagnóstico de Automação. Este indicador por camada chamaremos de ICA (Índice da Camada de Automação). O ICA é a disponibilidade ponderada de cada camada, levantada através dos elementos que a formam.

Como as camadas de automação são uma composição considerada serial, isto é, uma camada depende completamente da outra, a disponibilidade total da plataforma (ITA) é o produto de todos os ICA individuais. Ou seja, a disponibilidade total é igual ao produto de todas as disponibilidades das camadas individuais (figura 3.16).

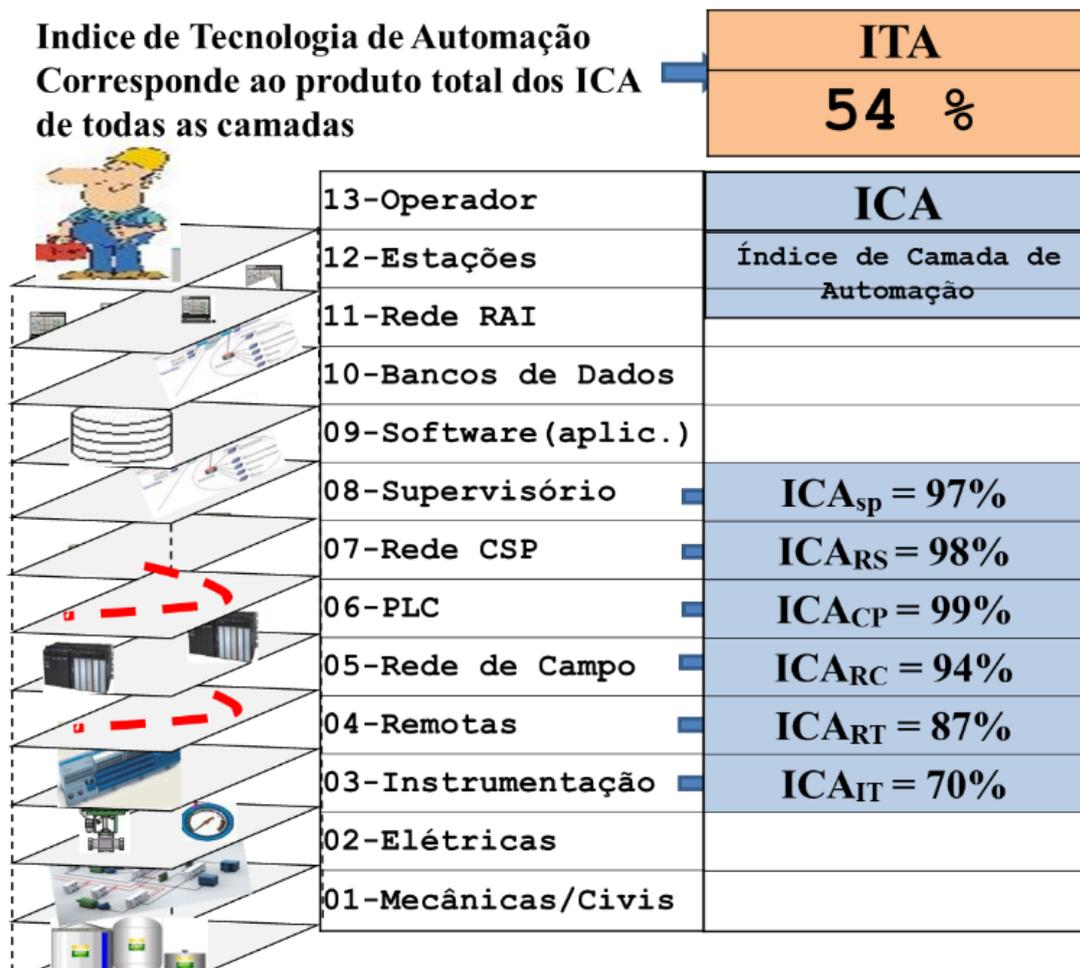


Figura 3.16 - Painel mostrando a relação entre os índices ITA e ICA.

O indicador ITA em relação aos indicadores ICA de cada camada de automação, se comporta como uma associação em série. É necessário o funcionamento de todas as camadas para o sistema funcionar.

$$\begin{array}{c}
 \text{ICA}_{SP} \text{ --- } \text{ICA}_{RS} \text{ --- } \text{ICA}_{CP} \text{ --- } \text{ICA}_{RC} \text{ --- } \text{ICA}_{RT} \text{ --- } \text{ICA}_{IT} \\
 \hline
 \text{ITA} = \text{ICA}_{SP} * \text{ICA}_{RS} * \text{ICA}_{CP} * \text{ICA}_{RC} * \text{ICA}_{RT} * \text{ICA}_{IT}
 \end{array}$$

Equação 3.4 - Relação entre os indicadores ITA e ICA.

Esses indicadores dão uma referência para toda uma plataforma de produção por responsável, e seria composto pelos indicadores individuais de cada um dos diagnósticos dos seus elementos.

Uma camada é composta de vários elementos. Por exemplo, numa camada de rede de campo formada por três redes, teríamos três elementos, rede 1, rede 2 e rede 3 (figura 3.18).

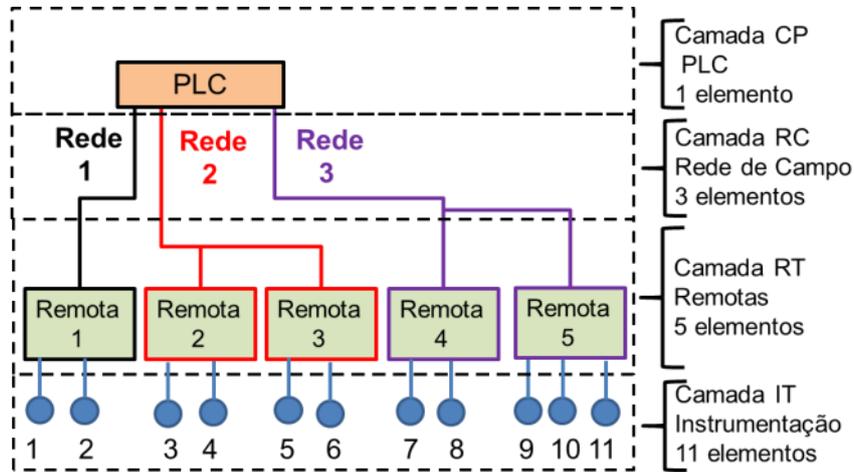


Figura 3.17 - Modelo das camadas e seus elementos.

Cada um desses três elementos de rede, teria sua disponibilidade individual indicada pelo que chamamos de Índices de disponibilidade do elemento (**Ide**). Cada camada tem seu cálculo próprio (**ICA**), composto através de cálculos específicos dos Ide dos seus elementos. Esses cálculos do ICA, dependem do projeto de automação em si, e da disposição desses elementos. Neste caso da Rede de Campo, teríamos um ICA ou **ICARC**, Índice da Camada de Automação da Rede de Campo.

Quanto ao Ide – Índice de Disponibilidade do Elemento divide-se em duas partes (figura 3.19):

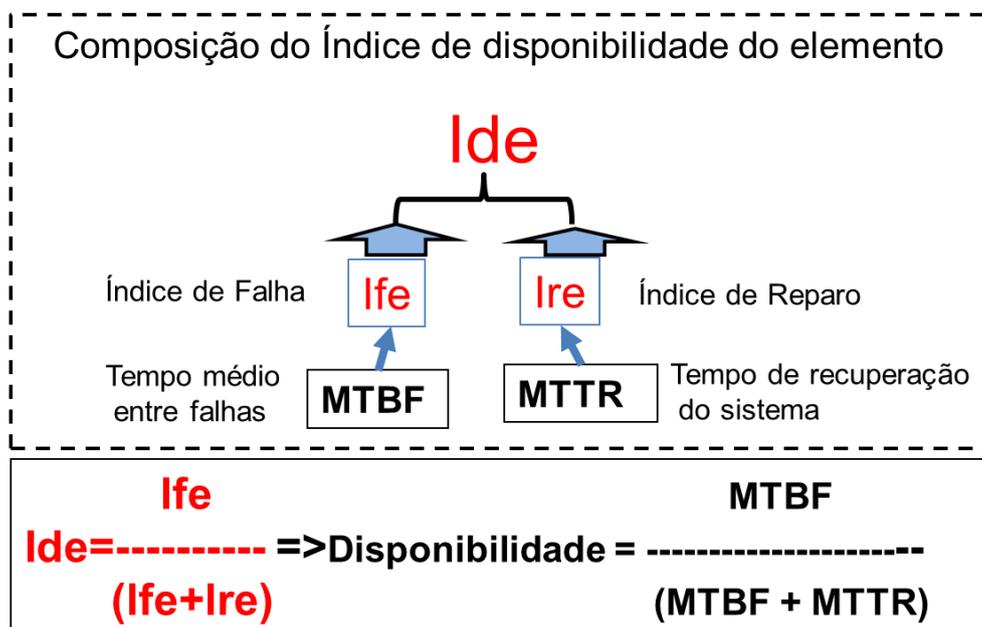


Figura 3.18 – Ide = Índice de disponibilidade do elemento.

Ife – Índice de Falha do Elemento que representam os diagnósticos em si, emitidos pelos agentes implantados nos componentes de campo. Exemplos são falhas de instrumentos, falhas de redes ou outras. Este subíndice, retrata em tempo real o que está funcionando bem ou não. Como representa diretamente as falhas ocorridas, é tratado diretamente pelos atendimentos da malha rápida e malha média. Este índice informa se algum elemento da camada falhou (figura 3.20).

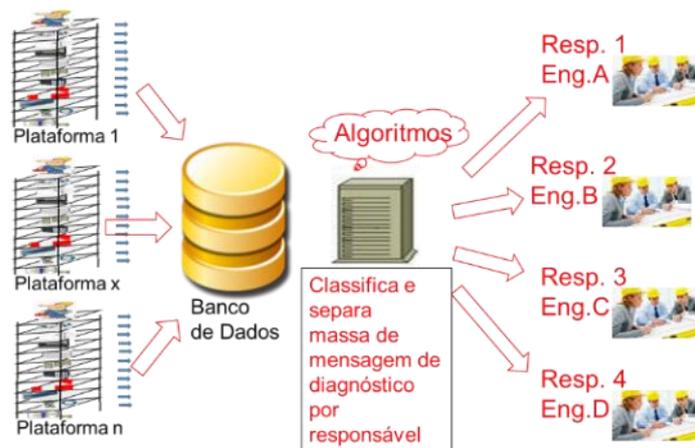


Figura 3.19 – Grande massa de dados, indicando falha e retorno de cada elemento monitorado e distribuindo por responsável.

O agente que foi construído neste projeto DIA, envia suas mensagens de falhas de cada um dos seus elementos registrados. Por exemplo, uma camada de rede de campo, envia as falhas de cada uma de suas subredes registradas nesta camada. Envia uma mensagem quando falha e envia uma mensagem quando retorna ao estado operacional. É possível, portanto, somar o número de falhas no período de tempo que iniciou o acompanhamento. Este intervalo de tempo que está registrando as falhas, dividido pelo número de falhas é o MTBF ou nosso Ife, tempo médio entre as falhas.

$$\text{MTBF} = \text{Número de falhas} / \text{tempo de acompanhamento}$$

Equação 3.5 – Cálculo do MTBF.

O tempo de reparo, ou seja, quanto tempo essas gerências e engenharias passam para tornar o elemento operacional, depende do projeto, da gestão de recursos, treinamento do pessoal, estoque de peças e agilidade de locomoção até a plataforma para fazer o reparo.

Cada engenharia tem sua gestão, isso implica num tempo desde que se solicita o serviço até o equipamento voltar a operar (figura 3.21).



Figura 3.20 – Tempo de reparo.

Ire – Índice de Reparo do Elemento que representa o funcionamento da logística de manutenção, qualidade do projeto e tempo de atendimento. Seria o tempo de reparo. Representa o bom dimensionamento do projeto, da equipe, estoque de peças de reposição e procedimentos ágeis e seguros de atuação. Tem a ver com a confiabilidade.

Em cada falha, uma mensagem padronizada tipo evento, é enviada para terra com sua data e hora pelo agente desenvolvido neste projeto. No retorno a condição normal, outra mesma mensagem sinaliza esta situação.

Os dados de diagnóstico dos elementos por camada que chegam no banco de dados em terra, informam quando o elemento falhou e quando o elemento voltou a se tornar operacional. Portanto, o MTTR ou *Ire* ou tempo médio de reparo, pode ser calculado somando os tempos de reparo individuais de cada falha e dividindo pelo número de falhas.

$$\text{MTTR} = \text{Soma de todos os tempos em falha} / \text{número de falhas.}$$

Equação 3.6 – Cálculo do MTTR.

Enquanto *Ife* diz que um elemento falhou, o *Ire* diz qual o tempo médio tem esse elemento para voltar a sua plena operação.

Ao registrar a falha de cada elemento de cada camada, pode-se começar a construir estes índices de acompanhamento *Ife* e *Ire*.

O tempo de reparo de cada falha, pode também ser obtido marcando o tempo inicial quando ocorreu a falha, e marcando o tempo final quando o elemento da camada voltou a se tornar operacional outra vez. Ambos os dados são enviados pelo agente construído e embarcado.

Com esses tempos entre falha e tempo total dos reparos, pode-se conseguir a disponibilidade de todos os elementos de todas as camadas.

O índice de falha do elemento (*Ife*), representa os diagnósticos emitidos pelos próprios componentes no tempo real. Informa se um componente está bom ou não, e a quantidade média de falha com o tempo é o (MTBF);

O índice de reparo do elemento (*Ire*), representa em linhas gerais a qualidade e capacidade de recuperação do sistema, do projeto do sistema e da logística de gestão da manutenção. É o tempo total de recuperação do componente, deixando-o operacional (MTTR).

Como estas informações de falha (1) e retorno (0) são gerados e chegam nos sistemas em terra, é possível construir algoritmos que tratem estes elementos, indicando sua disponibilidade real.

São duas partes que compõem um indicador de diagnóstico do elemento. A primeira parte que trata o tempo de falha e a segunda parte o tempo de reparo, ou seja, quanto tempo a falha passou para voltar a sua condição de operação (figura 3.22).

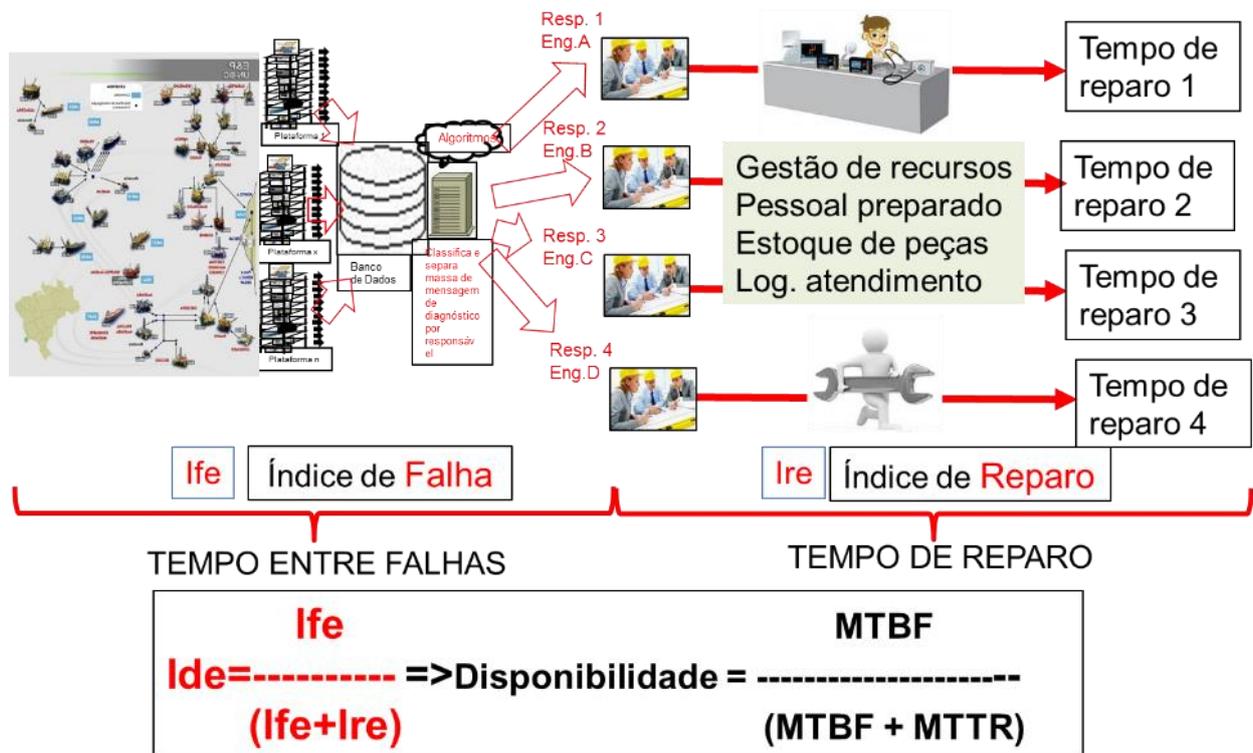


Figura 3.21 - Relação entre falha e retorno ao estado operacional.

É possível, portanto, a partir desses dados, extrair e calcular todas as informações dos diversos elementos que compõem a engenharia de confiabilidade e gestão de ativos.

Outro ponto importante, é que os elementos têm relevâncias diferentes para com a camada de automação, dependendo de sua importância para o projeto de automação, para a produção e segurança da plataforma.

Os Indicadores de Camada de Automação (ICA), que informam a qualidade das camadas dos sistemas, deverão ter uma ponderação apropriadamente criada, para todas as Ide de disponibilidade dos seus elementos apresentados.

Isso seria obtido através de uma constante p_{Ce} , peso da criticidade do elemento para a camada. O p_{Ce} é o C_{ea} , Criticidade do elemento atribuído, que será explicado a seguir, dividido por 10.

Para facilitar a tarefa humana de atribuição desses pesos, foi formulado o C_{ea} , com valores atribuídos pelas equipes de engenharia que variam de 0 a 10. Para os cálculos, este valor é convertido em p_{Ce} , dividindo por 10 para se tornar de 0 a 1. Desta forma, pode-se utilizar diretamente nos cálculos de disponibilidade.

C_{ea} – Criticidade do elemento atribuído, refere-se portanto, ao peso que o elemento tem para a camada de 0 a 10. É um fator atribuído pela engenharia e gestão. Quando zero (0) significa que o elemento está fora, em manutenção, ou não tem nenhuma importância direta para o sistema.

O C_{ea} leva em consideração principalmente, o projeto tendo como parâmetros três fatores de análises auxiliares.

A primeira atribuição seria o peso do elemento para a camada, considerando a “engenharia de automação construída”. Pesa a topologia dos elementos na camada (série, paralelo, simples ou redundante) e o projeto de automação. Responde numa visão da engenharia de automação, quanto este elemento é fundamental para toda a camada. É atribuído pelo engenheiro de automação industrial.

A segunda atribuição diz respeito à engenharia do processo, que está sendo automatizada. Deve informar o quanto esse elemento da camada pode afetar a produção. Uma falha nesse elemento, pode afetar parcialmente ou pode provocar a parada total da planta? Esta análise observa a produção de óleo e gás. Este peso é atribuído pelo engenheiro do processo.

O terceiro leva em conta a criticidade para a segurança do processo. Considera os fatores de risco patrimonial, risco de vidas e de meio ambiente. Deve ser atribuído pela engenharia de segurança e SMS.

O resultado final será o maior dos pesos atribuídos por estas equipes de profissionais. Este número é importante para engenharia de confiabilidade.

Cada camada terá suas peculiaridades, para o cálculo do seu índice da camada de automação (ICA). Essas peculiaridades dependem principalmente, da topologia e da criticidade de seus elementos para com a respectiva camada.

Em um caso típico exemplificado anteriormente (figura 3.18), de uma rede de campo composta de três segmentos de redes, com diversos instrumentos diferentes conectados a cada segmento. O resultado da camada seria o produtório das disponibilidades individuais, ponderado pelos seus pesos. Assim, teríamos para cada camada desse tipo:

$$ICA_{RC} = \prod_{i=1}^n (1 - (p_{Ce_i} - I_{de_i} * p_{Ce_i}))$$

Equação 3.7 - ICA Índice da Camada de Automação a partir da disponibilidade e peso de criticidade dos seus elementos.

No qual:

n = último elemento da Camada;

p_{Ce_i} = peso da Criticidade do elemento para a camada, com valor entre $0 < p_{Ce} < 1$. Igual a Ce_{ai} , Criticidade do elemento atribuída, que tem o valor de 0 a 10, dividido por 10;

I_{de_i} = Índice de disponibilidade do elemento;

ICA_{rc} = Índice da Camada de Automação de Rede de Campo.

Fazendo um exemplo para o ICA_{RC} da figura 3.18 anterior, de três redes de campo, denominada R_1 , R_2 e R_3 . Assumindo que o sistema DIA tenha levantado a disponibilidade desses elementos, ou o I_{de} , com valores de $I_{de1}=0,98$, $I_{de2} = 0,87$ e $I_{de3}=0,74$. E também, que as diversas engenharias atribuíram para essas redes os $Ce_{a1}=8$, $Ce_{a2}=5$ e $Ce_{a3}=3$. Portanto os p_{Ce} para esses Ce_a seria $p_{Ce1}=0,8$, $p_{Ce2}=0,5$ e $p_{Ce3}=0,3$. Aplicando na Equação 3.4, ocorre $R_1=0,984$, $R_2=0,935$ e $R_3=0,922$, considerando o I_{de} e p_{Ce} conforme descrito. ICA_{rc} seria $R_1 * R_2 * R_3 = 0,848$.

Este cálculo serve como exemplo para esta topologia indicada das redes. No caso da figura 3.18, também cabe para todas as demais camadas com as topologias básicas apresentadas ali, de uma automação industrial. No entanto, para cada camada que seja diferente do apresentado, deve-se aplicar o cálculo correto conforme o projeto e metodologia aplicável. Deve-se levar em conta quando houver, os diversos tipos de redundância que podem existir nas camadas. Parte dessas metodologias já são definidas em normas. Não foram aprofundadas neste trabalho.

Segue um painel exemplificando (figura 3.23).

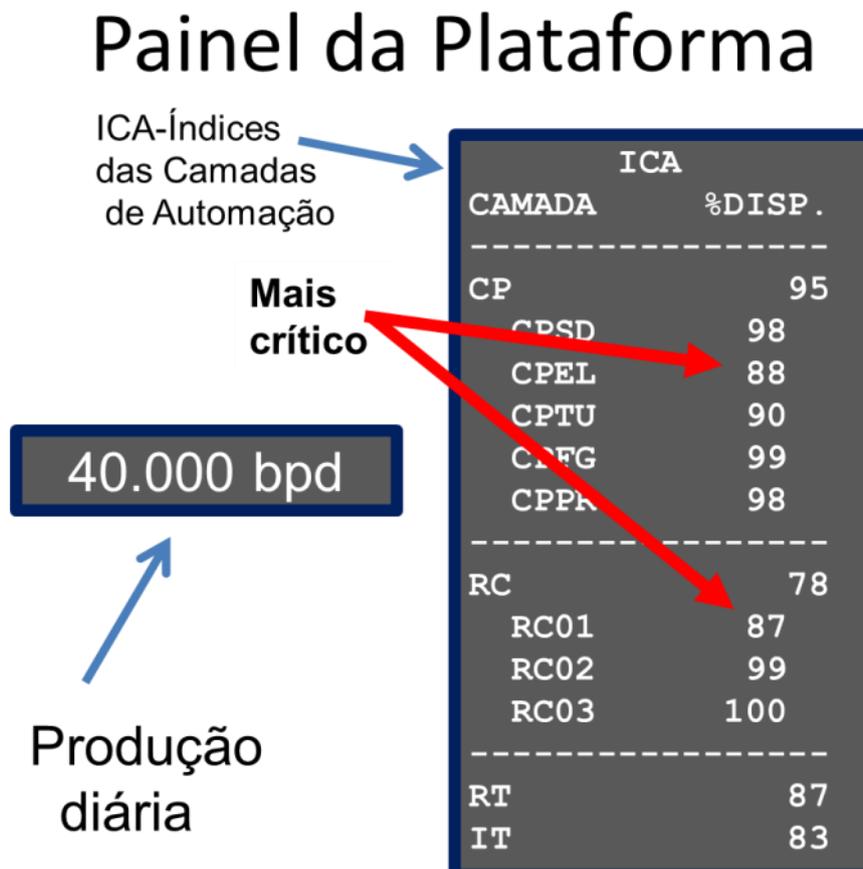


Figura 3.22 - Painel secundário das camadas e seus elementos para uma rápida visualização dos pontos críticos.

Na figura 3.24 abaixo, temos um quadro geral mostrando o inter-relacionamento dos índices desenvolvidos e apresentados.

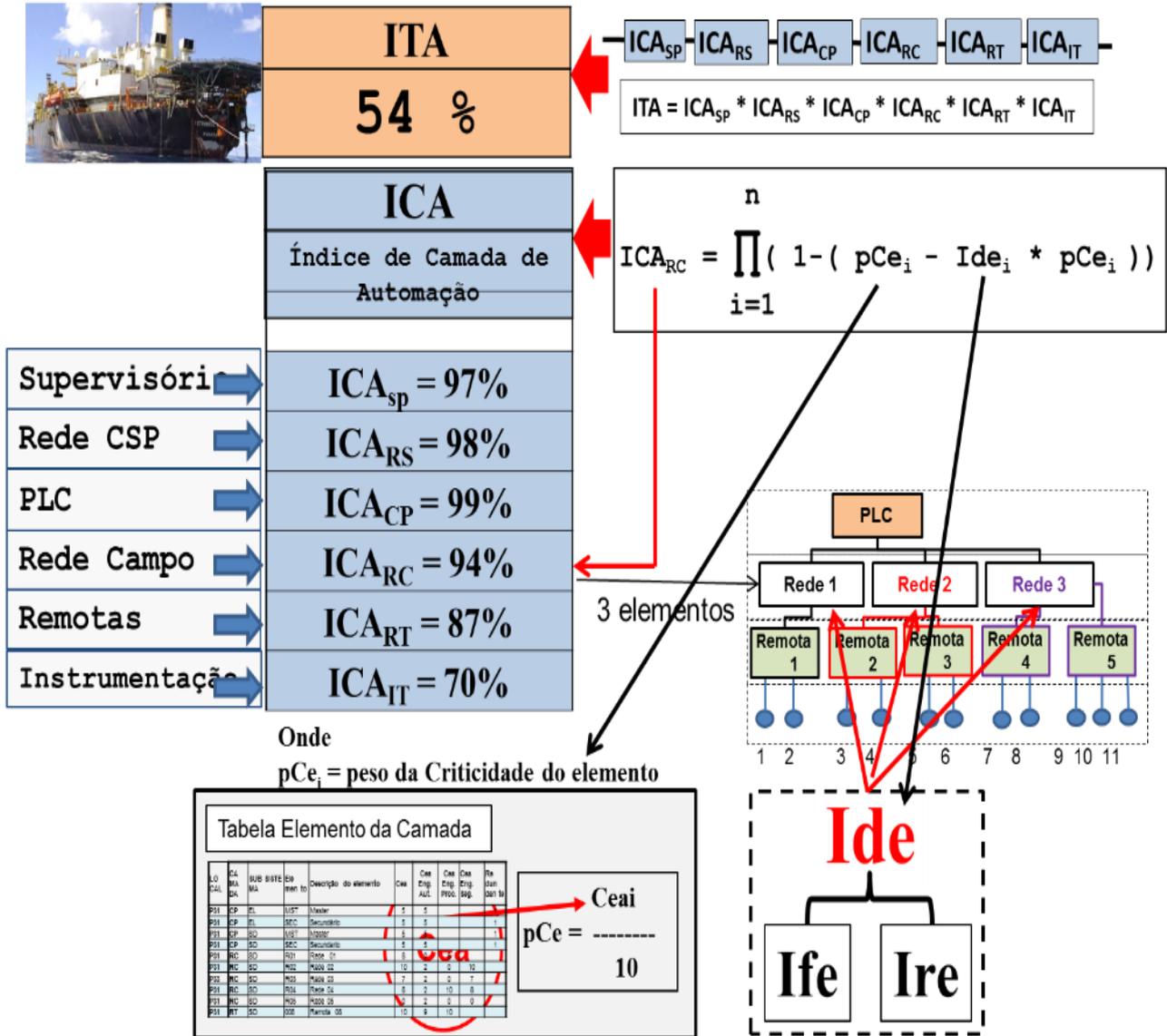


Figura 3.23 - Relacionamento entre os indicadores.

3.7 DIA-Diagnóstico Integrado de Automação

Em uma base operacional terrestre, deverá ser feita a reunião de todos os dados levantados para garantir uma visão macro de cada plataforma de produção.

Para atingir estas metas, o sistema DIA foi dividido em quatro subprojetos.

3.7.1 Subprojeto SAC-Sistema de Aquisição de Campo

O primeiro destes projetos foi chamado de projeto SAC - Sistema de Aquisição de Campo. É a parte mais desafiadora, porque são intervenções nos sistemas em produção nas plataformas. São mudanças nos supervisórios para adaptar os dados de diagnósticos já existentes, para um padrão que independa de fabricante ou modelo instalado. Aqui foram também introduzidas as telas para atender a primeira das três malhas de resposta (figura 3.25), a malha rápida.

As ações de malha rápida utilizam o supervisório como ferramenta de primeiro nível de diagnóstico. O SAC também gera todas as mensagens padronizadas de eventos e alarmes, para os bancos de dados em terra. Tem portanto, também o papel de alimentar as malhas de atendimento média e longa.

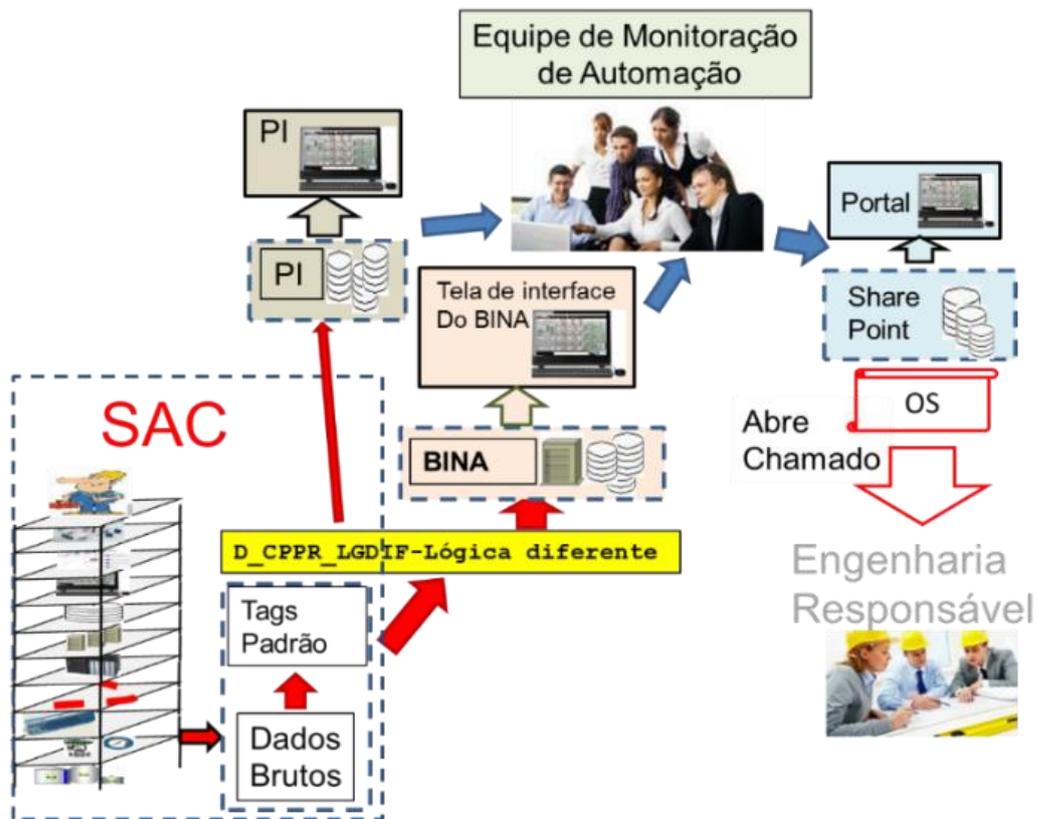


Figura 3.24 - SAC - Sistema de Aquisição de Campo.

O SAC consiste da instalação de um agente em cada sistema Scada, existente nas plataformas de produção. Para obter mensagens de diagnósticos em formato padrão, estes agentes precisam ser desenvolvidos para cada tipo de fabricante instalado. Os agentes são programas escritos para os supervisórios e PLCs.

Normalmente esta necessidade de um programa, tipo agente, instalado nas plataformas inviabilizaria qualquer projeto. Contudo no caso deste trabalho, uma oportunidade única foi criada quando o setor definiu fazer adequações nestes sistemas, para obter melhorias nos diagnósticos existentes. O objetivo inicial era bem mais simples. Era introduzir alarmes e eventos nas plataformas que não tinham.

Com o apoio gerencial, para atender também os objetivos deste trabalho de dissertação de mestrado profissional, foi dada autonomia e foi possível ampliar o escopo dos trabalhos. Foram criados agentes de baixo nível, programas em ladder padronizados e reutilizáveis, que pudessem ser mais facilmente implantados em todos os demais sistemas VXL, que são os de maior dificuldade. Isso não é uma tarefa trivial, pela diversidade de arquiteturas e tipos de plataforma de produção, sendo cada plataforma um projeto único. Portanto, esta solução não foi somente um protótipo de laboratório. Mas é um sistema real que está sendo implantado na primeira fase, em várias plataformas.

Estes agentes são a parte mais crítica de todo o sistema, e sem eles, não seria possível construir o sistema DIA com o nível de integração proposto.

Foram aproveitadas também nestas intervenções para serem criadas onde não tinham, telas sinópticas de diagnósticos de automação para as equipes embarcadas. Nos casos mais críticos, que são os sistemas muito antigos, foi necessária intervenção nos PLCs que estavam em produção, para gerar diagnósticos que não estavam sendo disponibilizados.

Os projetos dos agentes implantados no SAC, consistiram em quatro (4) premissas de padronização, para poder fazer sua reutilização em qualquer outra plataforma:

- Padronização das mensagens de eventos e alarmes;
- Disponibilizar conjunto de novas telas sinópticas de diagnósticos padronizados, para uso pela manutenção a bordo;
- Projeto de intervenção no PLC, com procedimento e programação em ladder padronizado. A ideia é o mesmo programa servir para qualquer outra plataforma, que utilize o mesmo fabricante e modelo, independente da arquitetura diferente;
- Projeto de intervenção no supervisório, que sirva para qualquer outra plataforma que utilize o mesmo sistema, independente da arquitetura utilizada. Os procedimentos, conjunto de telas e carregamento da base de dados foram padronizados e automatizados.

O escopo deste trabalho, limitou-se ao tratamento de cinco (5) camadas do nível mais baixo da automação industrial. São as camadas de supervisorio, redes CSP, PLCs, redes de campo e remota (figura 3.26).

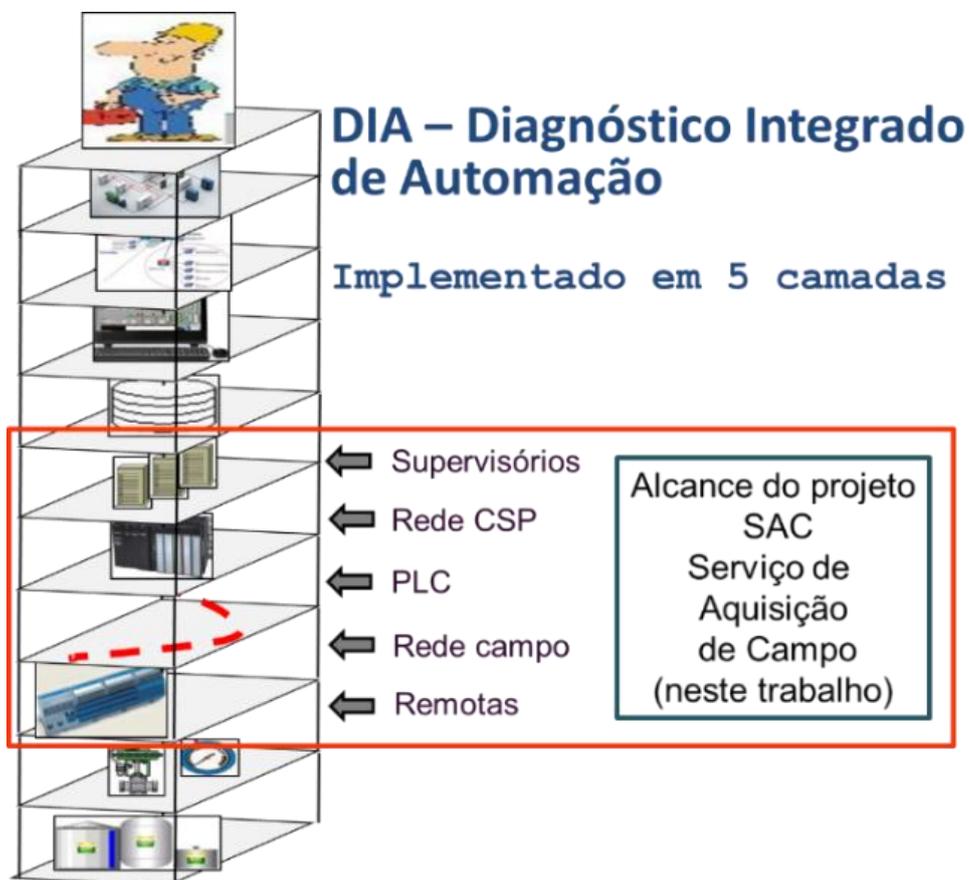


Figura 3.25 - O SAC desenvolvido aborda cinco camadas de automação do modelo CETAI.

Resumindo, o SAC (Sistema de Aquisição de Campo) representa agentes implantados nos sistemas Scada, emitindo alarmes e eventos no formato conhecido de *tags* padrão de diagnóstico, e aprimorando as telas de diagnósticos já existentes nas plataformas.

3.7.2 Subprojeto BD (Banco de Dados onshore)

A segunda parte, refere-se à base de dados em terra que recebe os dados das plataformas. Essa base de dados atende a estrutura de dados necessária, para as duas outras malhas de ação de atendimento média e longa.

Existem vários bancos de dados na gerência de Automação Industrial da UO-BC. Os principais em operação são o historiador corporativo, PI (Plant Information) da OSI, que é um banco de dados do tipo temporal, o que permite armazenar e consultar uma grande massa de dados de variáveis. Uma equipe dá suporte ao historiador PI e ferramentas complementares.

Outro projeto interno importante é o projeto BINA (Banco de Dados INtegrado de Automação), que é um banco de dados relacional de arquitetura aberta, que é alimentado por logs gerados por todos os sistemas SCADA da UO-BC. É constituído de um sistema dito LAMP (Linux, Apache, MySQL e PHP). Estes sistemas de banco de dados podem ser consultados por toda a corporação, para análises de dados das plataformas. Hoje existe na gerência de automação, este banco de dados operacional e disponível para consultas, e uma equipe especializada desenvolvendo e dando suporte interno a este sistema.

Os *tags* com mensagens já padronizadas são recebidos por estes dois bancos de dados de automação corporativos da empresa, PI e BINA (figura 3.27). Telas específicas foram desenvolvidas nos sistemas BINA e PI, permitindo consultar e ver a disponibilidade dos elementos das camadas. O PI seria uma forma de disponibilizar um painel para acesso aos índices tipo Ide, Índices de disponibilidade de elementos, das camadas tratadas por toda a rede interna corporativa.

Existem ainda outras equipes especializadas em banco de dados em terra.

Uma delas é a equipe que implementa e suporta o sistema Zabbix. Este sistema que também é do tipo LAMP, acompanha e gera gráficos e informações de diagnóstico da saúde das diversas redes e dos equipamentos plugados nelas. É possível, porém não existe nada em andamento neste sentido, introduzir a mesma padronização utilizada no projeto SAC, para acrescentar outras três camadas de automação industrial ao sistema DIA. Essas camadas seriam a rede de automação industrial (RAI), as estações, servidores e banco de dados. Isso seria possível através de adaptação na padronização das mensagens do projeto Zabbix e reenviá-las para o BINA.

Existe ainda um sistema de portais de suporte aos diversos serviços como chamadas, notícias e outros. É executado numa tecnologia sharepoint da Microsoft.

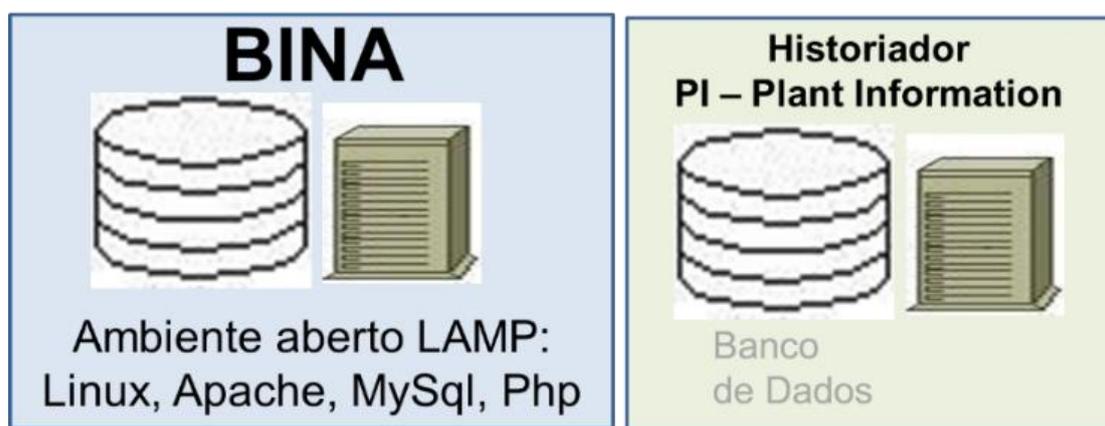


Figura 3.26 – Banco de Dados BINA e PI.

3.7.3 Subprojeto de Interligação de sistemas

Outra subdivisão do sistema DIA, é o subprojeto de Interligação de Sistemas (InterSis), que consiste do estudo das interfaces e interligação, de todos os bancos de dados de diagnósticos disponíveis (figura 3.28).

Consiste do estudo das interfaces de integração destes subsistemas BINA, PI, Zabbix, Sharepoint (portal da automação) e outros. O objetivo é que as informações de um, complemente a do outro, sem precisar replicar os dados como acontece atualmente. O Bina por exemplo é ótimo para tratar logs e interfaces digitais. Isso é gratuito não precisando pagar licenças. O PI é um historiador, ou seja, banco de dados temporal, e lida naturalmente com entradas analógicas, permitindo grande compressão de dados.

Para entradas digitais, utilizar o historiador PI ou o BINA não faz diferença. Todavia no PI, suas licenças são pagas por cada *tag*. O portal é um framework muito poderoso para consultas e comentários da comunidade de automação existente na empresa. O Zabbix faz uma monitoração das redes. O melhor de cada um desses sistemas, poderia ser obtido com a integração. Não existe, no entanto, nenhum trabalho sendo realizado neste sentido atualmente. Apenas a conexão entre o sistema SAC e os bancos de dados BINA e PI foram implementados neste trabalho. As demais propostas serão objeto de outros trabalhos futuros no momento que forem viáveis.

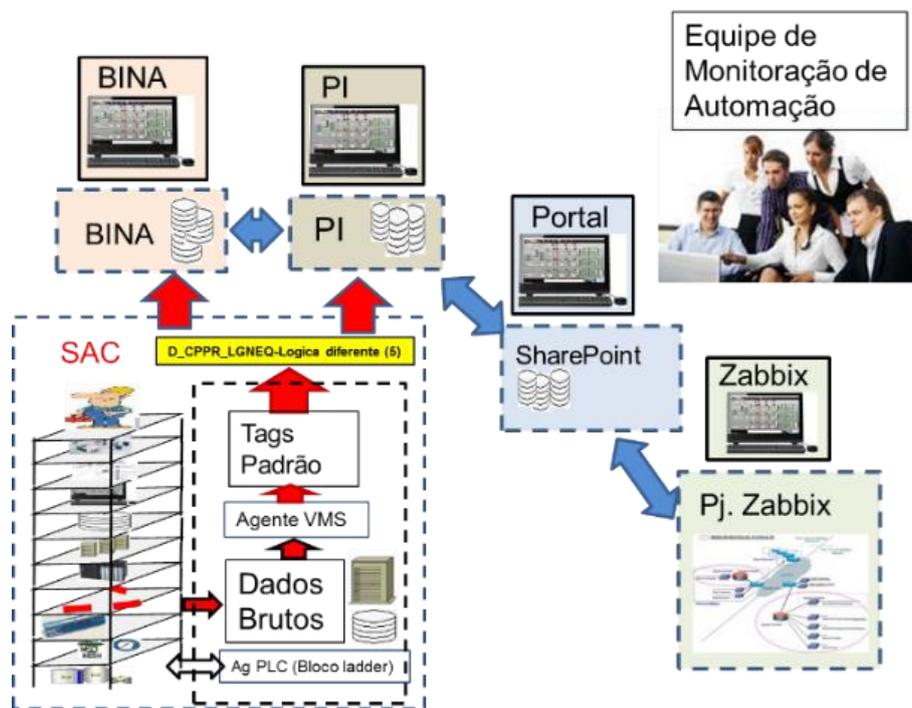


Figura 3.27 - projeto Interfaces de Sistemas - InterSis - são como todas estas tecnologias disponíveis se interligam e se integram (indicado pela seta azul).

3.7.4 Interfaces com o Usuário

A quarta e última parte do sistema DIA, consiste em construir as telas de interface com usuário. Seriam as telas de acesso e navegação pelos sistemas. A parte onde os dados poderão ser consultados.

Para a malha rápida, foram construídas telas diretamente implantadas nos supervisórios SCADA, através da instalação nos agentes específicos com sinópticos padronizados para todas as plataformas.

O tempo foi investido principalmente na construção destas telas do supervisor, por ser a parte mais visceral e impactante nas intervenções nos sistemas em produção. Foi aproveitada a autorização e janela disponível para esta implementação.

Para a malha média e a equipe de monitoração de automação de terra, é intenção de adaptar dois sistemas já disponíveis. Utilizar o historiador PI, para ver os painéis por camadas e a disponibilidade dos seus elementos das plataformas. O PI já é uma interface oficial corporativa de consulta de dados das plantas. Este sistema permite também que o usuário crie telas próprias para suas necessidades. Isso facilita muito, usos específicos, onde equipes especializadas montem a sua visão do problema. O PI por já conter ferramentas poderosas de análise, poderá também no futuro desdobrar a potencialidade destas informações (figura 3.29).



Figura 3.28 - Terceira parte seria o projeto das telas para navegadores padrão.

Uma forma complementar de entregar estes dados seria através de navegadores padrão, por exemplo o Firefox. Esta opção permite partilhar as informações com qualquer dispositivo, desde que o usuário tenha permissão através de autenticação interna no sistema. O BINA já implementa esta estrutura através de seu sistema LAMP e um modelo de desenvolvimento em MVC, que será mais detalhado no próximo capítulo, sendo possível fazer consultas específicas e retiradas de relatórios personalizados. A padronização dos *tags* de diagnósticos dos sistemas, facilitam estas consultas mesmo para quem não conhece o projeto da plataforma e da camada.

Não houve tempo neste trabalho, para aprofundar no desenvolvimento das telas de interfaces dos sistemas PI e BINA. Estas opções abrem espaço para diversos outros trabalhos posteriores. Como as combinações de interfaces desses diversos sistemas juntos, BINA, PI, Zabbix e Portal (Sharepoint), com funções diferentes, vai gerar novas poderosas funcionalidades futuras, estas interfaces por si só, são um campo amplo de novas aplicações. Estes trabalhos futuros permitirão a consolidação, expansão e melhorias significativas de qualidade do produto final (**DIA**).

Segue abaixo uma figura 3.30 com as principais premissas e os relacionamentos entre os conceitos desenvolvidos nesta dissertação. O trabalho é uma proposta de macro integração dos sistemas e subsistemas de diagnósticos obtidos por desenvolvimento próprio ou nativos nos equipamentos atuais e futuros.

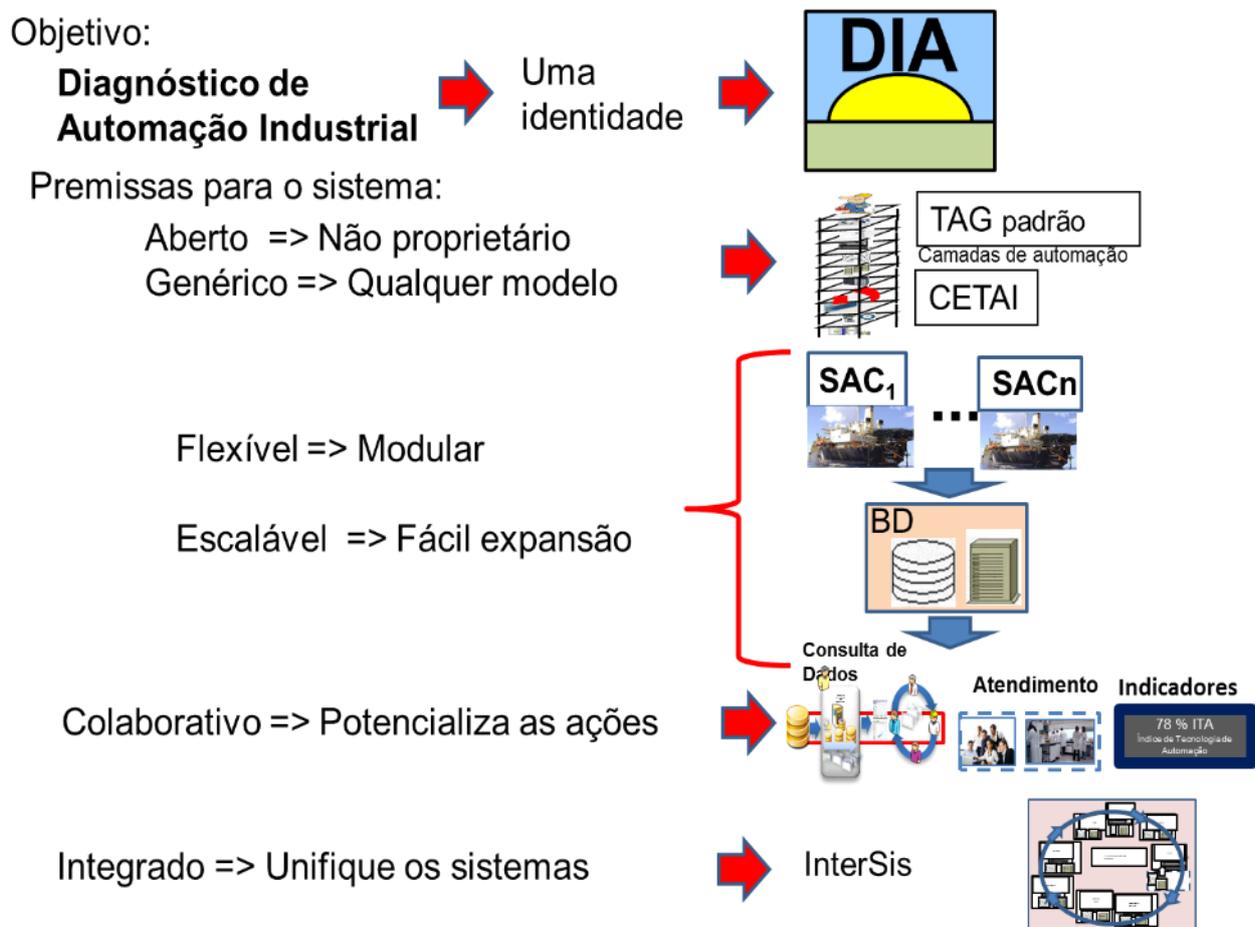


Figura 3.29 - Relacionamento entre os conceitos.

4 Aplicação

Este trabalho de mestrado profissional, além de propor um modelo geral para o sistema DIA, foca no desenvolvimento e implementação dos principais modelos conceituais nos sistemas reais existentes. Os sistemas nos quais foram implementados até o final deste trabalho, consiste na parte mais difícil do projeto por serem sistemas legados, em processo de descontinuidade pelos fabricantes, com poucos profissionais que dominam suas técnicas.

Apesar do foco inicial ter sido o mais difícil, os sistemas e modelos poderão ser mais facilmente implantados em todos os demais sistemas instalados com tecnologias mais recentes.

Como base nos desenvolvimentos, foram utilizados os softwares das próprias plataformas e disponíveis nos laboratórios na gerência de automação da UO-BC. Existem diversas bancadas de testes nestes laboratórios, que podem ser utilizados para construir os produtos resultantes.

O trabalho consistirá das seguintes implementações:

1. O sistema SAC
 - a. Agentes nos PLCs;
 - b. Agentes nos Supervisórios
 - i. Padronização das mensagens;
 - ii. Banco de dados no supervisório;
 - iii. Telas sinópticas nos supervisórios.
2. O sistema BINA
 - a. Estrutura da base de dados;
 - b. Disponibilização para consulta (via navegador);
 - c. Utilização desses dados na malha de atendimento.
3. O sistema PI
 - a. Disponibilização de telas de camadas e indicadores.

4.1 Plataformas abrangidas e produção

Os programas (software) e metodologias desenvolvidas, poderão ser implantados diretamente em todas as plataformas de produção de óleo e gás. Exemplo de algumas plataformas potenciais clientes do SAC, P-19 (PETROBRAS, 2004c), P-25 (PETROBRAS, 2006a), P-26 (PETROBRAS, 2004d), P-31 (PETROBRAS, 2000), P-35 (PETROBRAS, 2006b), P-37 (PETROBRAS, 1998a). Segue ilustração dessas plataformas (figura 4.1).



Figura 4.1 – Exemplo das plataformas que podem ser aplicado o SAC.

4.2 Descrição das Plataformas

Um campo de produção de petróleo é uma unidade industrial composta de diversos subsistemas que, em conjunto, são capazes de elevar o petróleo armazenado num reservatório até as plataformas, que funcionam como estações de tratamento básico de óleo e gás. O sistema de elevação é constituído pelos diversos poços produtores do campo. A malha de escoamento é formada por navios aliviadores, oleodutos e gasodutos. Existem diversas configurações de plataformas. Algumas tendo tanques para armazenamento da produção, no caso das FPSO, e separação primária dos fluidos, além de bombas de transferência de petróleo para transferi-lo para terra quando existem gasodutos e oleodutos submarinos.

Uma plataforma de produção de petróleo tem como objetivo receber o petróleo bruto, composto de cadeias de hidrocarbonetos, gás e óleo, água e impurezas, realizar o tratamento inicial, chamado de primário, onde se faz a separação e tratamento destes componentes e o direcionamento adequado de cada um destes. Os hidrocarbonetos (Thomas, 2004), são condicionados para que possam ser transferidos para refinarias e darem origem a produtos finais. A água é tratada para ser reinjetada no poço, afim de elevar a pressão do mesmo e facilitar a surgência do óleo para a plataforma ou é descartada no mar, respeitando as condições impostas pela legislação.

Existem diversos fatores num campo de produção tais quais: profundidade do campo de petróleo, onde se localizam os poços de produção, forma que a mistura dos componentes se dá, a viscosidade do óleo produzido e da viabilidade técnico-econômica. Conforme a combinação destes fatores, as plantas podem ser mais simples, apenas com a separação óleo/gás/água, ou mais complexa, com condicionamento e compressão do gás, tratamento e estabilização do óleo e tratamento da água para reinjeção e/ou descarte. Além disso, as plataformas podem ser de três tipos diferentes: fixa, semi-submersível ou navio-plataforma.

As plataformas fixas são definidas como aquelas construídas por módulos sobre uma jaqueta fixada ao leito marinho, instaladas em águas rasas (até 100m de lâmina d'água) e intermediárias (100 a 400m). Porém, acima desta profundidade, este modelo perde a sua viabilidade técnica e econômica. As unidades semi-submersíveis “são sistemas flutuantes compostos por um casco que suporta uma plataforma com os equipamentos e facilidades de produção e os alojamentos, podendo navegar com propulsão própria ou rebocado, e ancorado em certa localidade por linhas de amarração”. Além destes dois tipos, ele ainda apresenta o navio-plataforma ou Unidade Estacionária de Produção e

Armazenamento de Óleo, do inglês Floating, Production, Storage and Offloading (FPSO), sendo versátil e econômico em grandes lâminas d'água.

Independente do conceito de flutuação e ancoragem, basicamente as unidades possuem os seguintes sistemas:

- Processo de Separação e Tratamento: com exportação de óleo, consumo interno e/ou exportação de gás e descarte e/ou reinjeção de água;
- Fogo e Gás: detecção de gás, chama e sistema de dilúvio e combate à incêndio;
- Geração de Energia: turbogeradores que são turbinas à gás fornecendo força motriz à geradores elétricos ou motogeradores que são motor à diesel também fornecendo a força motriz;
- Segurança (Emergency ShutDown ou ESD): sistema de intertravamento de segurança executado pelo sistema de automação;
- Ventilação e Ar-Condicionado (VAC) da plataforma;
- UPS que são retificadores de alta potência e banco de baterias para geração de 24V para alimentar sistemas de automação;
- Turret que é a ancoragem de navio-plataforma;
- Lastro que garante flutuabilidade e operação dos tanques das semi-submersíveis e dos navios-plataformas.

Será descrito como exemplo, somente o caso da plataforma P-31, por ter sido a unidade inicial das implantações, como uma visão geral do ambiente e sistemas modificados a bordo. As demais plataformas não serão descritas. A P-31 localiza-se no Campo de Albacora, a 187 Km da cidade de Macaé (RJ), em lâmina d'água de 330 m. É uma FPSO com produção média (fonte setembro de 2011) de óleo de 32.950 bpd, produção de gás de 615.000 m³/d, tratamento de óleo de 32.900 bpd (produção própria) mais 50.141 bpd (que é a produção da plataforma P-25 que é enviada para a P-31 por oleoduto entre as duas). Tem 20 poços produtores e 4 poços injetores. A exportação de óleo é feito através de um navio aliviador. O gás é exportado por gasoduto de 1x1/2 para a plataforma de Garoupa. O sistema de ancoragem é via Turret, com 8 cabos de amarração. Segundo levantamento (fonte de referência EXAME Melhores e Maiores de 2011), num rank das maiores receitas do Brasil, somente a receita desta plataforma equivaleria a posição nacional 77, ao lado de empresas como a varejista Ponto Frio. Tem dimensões de 337,1 m de comprimento, 54,5 m de largura, pesando 318.549 toneladas. Tem 27,8 m de calado (altura do casco).

A P-31 era o navio original Vidal de Negreiros, superpetroleiro, e convertido para FPSO em torno de 1990. Como deixou de ser navegável e passou a ser fixa, voltada para produção de petróleo, na conversão foram acrescentados diversos sistemas (figura 4.2).



Figura 4.2 – Petroleiro Vidal de Negreiros convertido na FPSO P-31.

Visando a sua fixação, foi instalado um sistema de ancoragem do tipo Turret, guindastes para movimentação de cargas, helideck para embarque de passageiros, equipamentos de "offloading" , para exportação do óleo produzido para um navio aliviador (figura 4.3). Também houve modificações na Praça de Máquinas nos sistemas de geração de energia, painéis elétricos, tratamento de esgoto, unidade dessalinizadora para produção de água doce, bombas de combate ao incêndio, etc.

Além disso, para desempenhar o processo de tratamento do petróleo, foi instalada uma planta de produção que separa a fase gasosa, óleo e água emulsionados. O principal objetivo é agregar valor a este óleo, diminuindo a quantidade de água no mesmo.

Para tal, são utilizados 5 fatores: tempo de residência, temperatura, pressão, produtos químicos e eletricidade. O petróleo recebe a injeção de um produto químico (desemulsificante) responsável pela quebra da emulsão do líquido. Então, é recebido em um tanque de separação, onde por tempo de residência ocorre a decantação de parte da água. Após um certo tempo, a parte superior é bombeada para um trocador de calor, favorecendo a separação. Posteriormente segue para um tratador eletrostático, que utiliza a pressão e a eletricidade para a coalescência das gotículas de água e finalizar o processo de separação, com a água saindo pelo fundo do tratador e o óleo por cima. Passa a ser

estocado em tanques e aguardar o bombeio para um navio aliviador que irá transportá-lo para refinarias, afim de ser transformado em produtos finais.

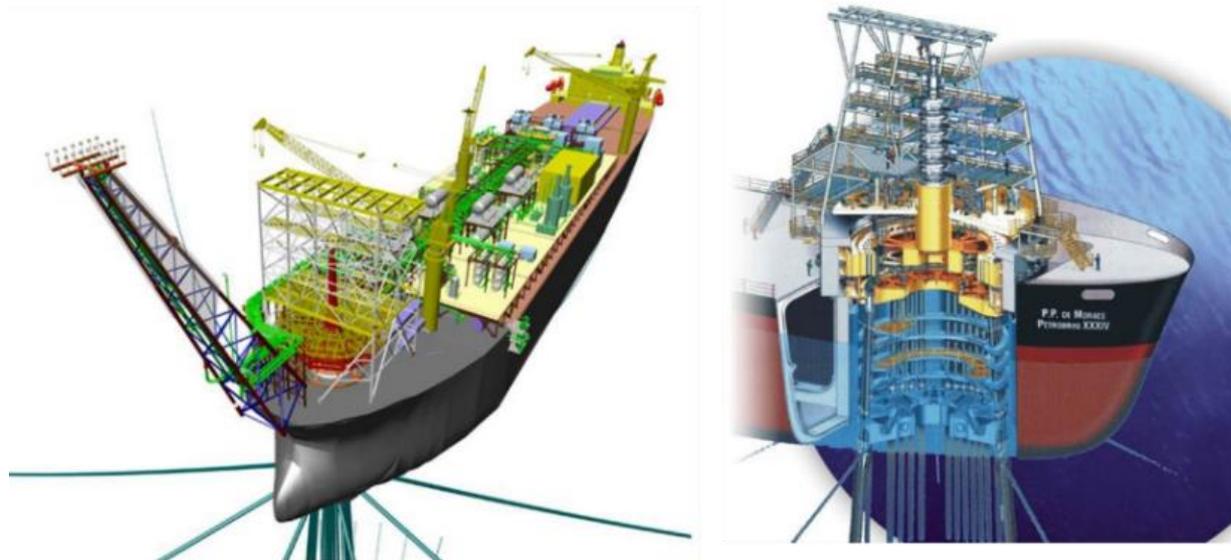


Figura 4.3 – Plataforma P-31 e uma visão em corte do sistema Turret.

Todo esse processo é monitorado por transmissores de pressão, nível, temperatura, vazão, entre outras variáveis físicas, transferido e direcionado por bombas e válvulas. Além disso, todos os outros sistemas de apoio descritos anteriormente, também possuem instrumentos e equipamentos para operação dos processos. Para automatizar todos os sistemas descritos, a plataforma possui uma Estação Central de Operação e Supervisão, denominada ECOS, de onde é possível supervisionar, manobrar e controlar os principais sistemas instalados (figura 4.4). Esta Central está conectada a milhares de pontos, sensores e equipamentos através dos PLCs principais.

O sistema de supervisão ECOS é formado por módulos de aquisição de dados, controle e envio de dados para o campo, com supervisão através de estações gráficas. Devidamente configuradas possuem centenas de telas com todos os sistemas de produção, utilidades, segurança, VAC, elétrica e outros, permitindo ao operador observar todos os valores das variáveis de processo, enviar comandos, perceber um alarme, reconhecer e outras ações.

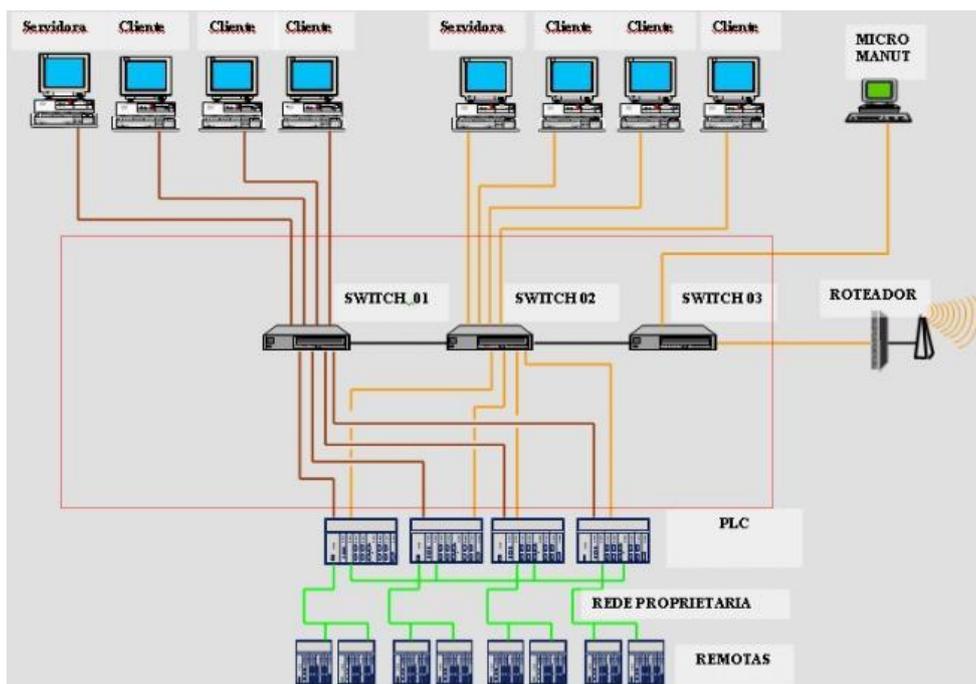


Figura 4.4 - Topologia de uma rede.

4.2.1 Sistemas supervisórios VXL/OpenVms

A infraestrutura para o software dos supervisórios VXL utiliza-se de: Sistema Operacional OpenVMS, gerenciador de apresentação DECWindows Motif, banco de dados relacional RDB Runtime, rede DECNet e rede TCP/IP (UCX). O software de supervisão e operação VXL é da Control System International (CSI, USA). Uma tela está representada na figura 4.5.

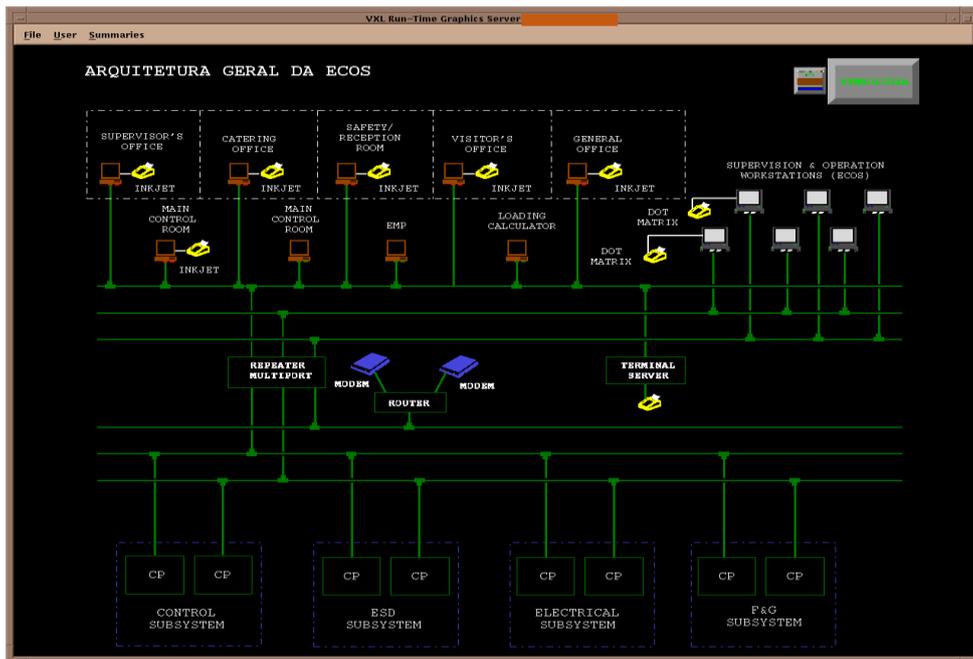


Figura 4.5 - Exemplo de tela de Supervisão.

Historicamente o OpenVMS (Open Virtual Memory System) ou Sistema Aberto de Memória Virtual, originalmente chamado apenas de VMS, foi desenvolvido pela Digital Equipment Corporation (DEC) (Wikipedia) em 1977. Prosperou por muito tempo, alcançando grande sucesso e popularidade em aplicações críticas em empresas e governos de todo o mundo. Com a massificação da microinformática, a Digital foi perdendo mercado e acabou entrando em um período de decadência a partir de meados da década de 1990. Em 1998, a DEC declarou falência. No entanto, oficialmente, a divisão de Sistemas Operacionais da DEC (incluindo o OpenVMS), foi comprada pela Compaq. Em 2002, a Compaq também enfrentou dificuldades e acabou sendo comprada pela HP, que incorporou o OpenVMS ao seu portfólio de sistemas operacionais. Atualmente, a HP é a detentora dos direitos sobre o sistema OpenVMS.

Utiliza interface texto, ou seja, o usuário utiliza a Digital Command Language (DCL) ou Linguagem de Comando Digital, para se “comunicar” com o supervisor através da digitação de comandos, os quais o sistema interpreta e responde através da execução do mesmo ou mostrando uma mensagem de erro, caso o sistema não consiga interpretar o comando.

O VMS também possui como característica muito importante o gerenciamento de memória virtual, que consiste na utilização de espaço na memória secundária, em disco, para salvar temporariamente partes da memória principal, que está em RAM. Isso na época do auge deste sistema operacional, foi um grande avanço na evolução da informática de hoje. Cada programa tinha a ilusão que o espaço disponível era muito maior do que o tamanho real da memória principal. Isso fazia com que o programador não precisasse se preocupar com o tamanho de sua aplicação, tamanho dos programas e variáveis. O sistema operacional se encarregava de manter as partes mais utilizadas na memória principal e as menos na secundária, trazendo-as de volta, quando necessário de forma automática.

O OpenVMS possui recursos poderosos capazes de garantir o suporte para o bom funcionamento do VXL, aplicação que devidamente configurada, permite realizar as tarefas de supervisão e controle de processo. Sua robustez garante o processamento de grandes quantidades de variáveis com grande confiabilidade, cujos sistemas mais modernos, mesmo com todos os avanços de software e hardware de hoje, ainda tem dificuldades e problemas para processar.

Para funcionar, um sistema operacional precisa ser intimamente associado ao hardware do computador. Este princípio é aplicado ainda hoje com muito sucesso pela Apple. O OpenVMS foi elaborado para computadores tipo VAX, desde 1977 e para a plataforma ALPHA, desde 1992. Atualmente, ele utiliza a plataforma Itanium, desde 2001. O VXL funciona exclusivamente em plataformas OpenVMS, formando assim a amarração do hardware com o OpenVMS e com o VXL.

4.2.2 PLC GE FANUC e a rede de blocos Genius

Nos sistemas de automação desenvolvidos a partir da quarta geração, os PLCs GEFanuc modelos 9070 foram bastante utilizados. As arquiteturas de automação das plataformas de produção que tem os sistemas ECOS com PLCs GEFanuc e blocos de IO Genius, tem uma arquitetura que na época foi também muito inovadora. Não obstante de ser uma rede proprietária e hoje já ter sua tecnologia superada por sistemas de redes muito mais modernos, continua a cumprir seu papel, atendendo um sistema de IO com milhares de pontos distribuídos dentro de uma plataforma (figura 4.6 e 4.7).

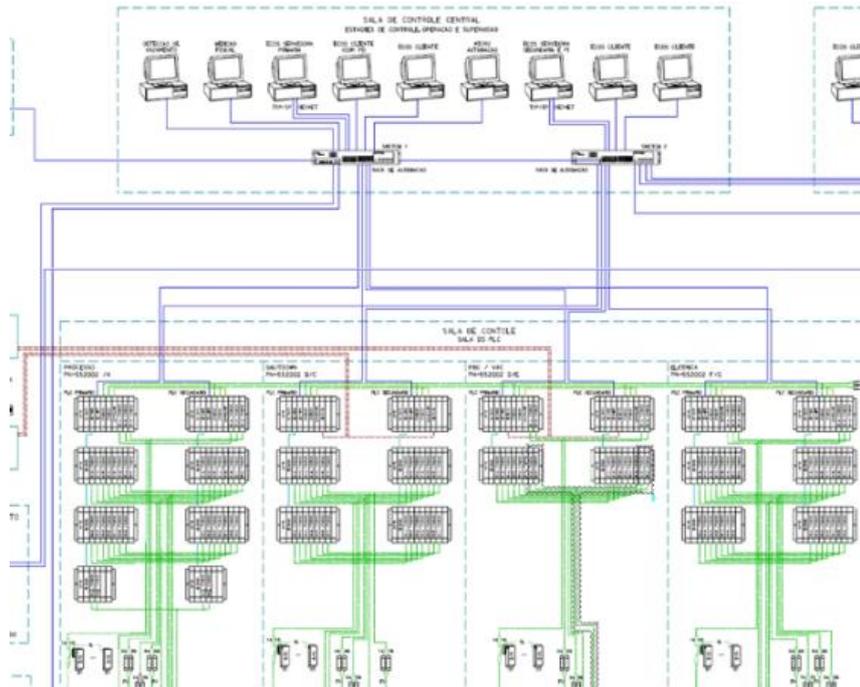


Figura 4.6 – ECOS com PLC GEFanuc redundante e a indicação parcial das redes de blocos Genius.

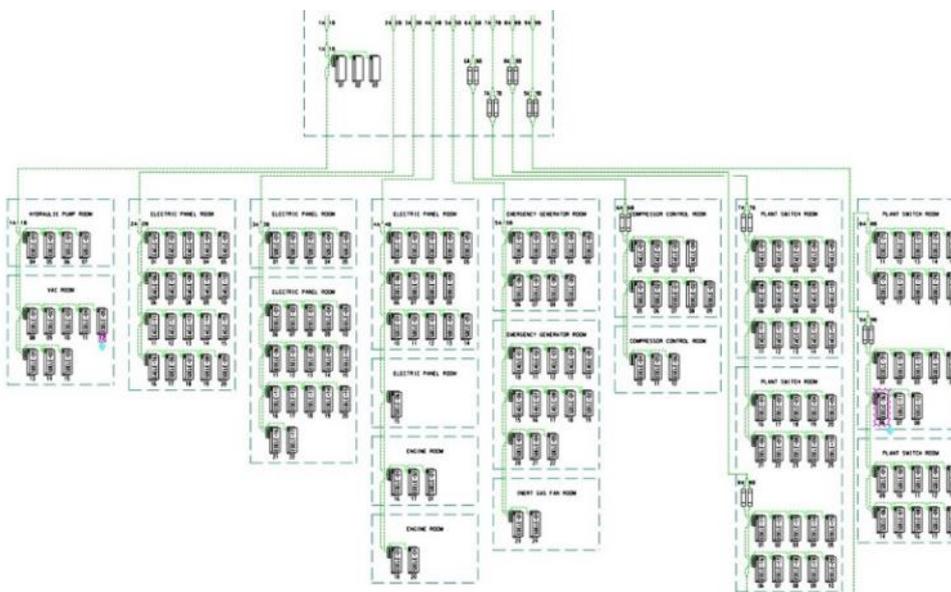


Figura 4.7 - Visualização de como é o layout de uma ramificação dos blocos Genius para um PLC. Cada bloco contém seu próprio I/O.

A GE foi uma das primeiras empresas que introduziu os primeiros PLCs em 1969. A linha de PLCs da GE modelos 9070, representou na época uma grande evolução das suas famílias de PLC. Introduzia os conceitos de redundância de sistemas e redes de automação, sendo até hoje copiado pelas tecnologias abertas mais recentes. A GEFanuc desenvolveu um sistema proprietário de redes de campo com pequenas remotas chamados blocos Genius. Estas tecnologias de rede evoluíram muito, sendo consideradas hoje, como sistemas legados. Cada rack de PLC permite 7 redes. Podendo os rack serem expandidos até 8 racks. Cada bloco Genius tem portas de entradas e saídas, digitais e analógicas (em torno de 8). Como estes blocos são montados em rede, podem ser distribuídos por todo a planta. Estas redes de campo proprietárias são redundantes (rede A e rede B), que juntamente com os sistemas redundantes de PLCs, formam um conjunto bastante robusto a falhas (figura 4.8).

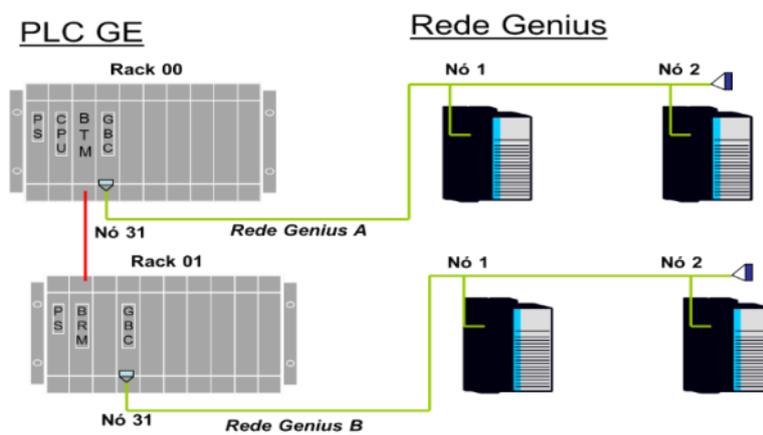


Figura 4.8 – PLC GEFanuc e as redes proprietárias de blocos Genius.

Cada lance de rede pode conter até 29 blocos Genius, o que dá aproximadamente 240 pontos, dependendo da configuração de IO dos blocos instalados. Cada PLC pode ter muitos lances de redes, o que pode chegar a alguns milhares de pontos. Esta arquitetura atende as necessidades de automações bastante grandes (figura 4.9).



Figura 4.9 – Painel de blocos de rede Genius.

4.3 SAC – Sistema de Aquisição de Campo

As implementações dos agentes foram feitas nos modelos de PLC GEFanuc. Existem pequenas diferenças entre os modelos, devido a mudanças nas tecnologias entre elas. Mas em linhas gerais, pode-se considerar as implementações iguais, no que se refere ao projeto do agente tratado a seguir.

4.3.1 Agente no PLC

Foram estudados todos os diagnósticos disponíveis nestes sistemas e feitos sua padronização. A padronização teve dois cuidados. O primeiro seria de reaproveitamento quase integral do código do agente para os demais sistemas semelhantes. Isso forçou a construir um projeto conceitual de software destes agentes do PLC que minimize suas alterações, mesmo implantando em plataformas com arquitetura muito diferentes. Essas diferenças de arquitetura eram referentes ao número e tipos de pontos de I/O, porque como descrito no início deste capítulo, existem diferentes tipos de plataformas e projetos de planta. Para esse objetivo, todas as diferenças de arquitetura entre as plataformas, foram incluídos em um único bloco em ladder, facilmente configurável.

Também houve um cuidado de minimizar os riscos destes agentes interferirem nos sistemas que já estavam rodando nas plataformas. Foi definido que toda a ação principal somente seria de leitura dos dados de diagnóstico. Nenhum comando seria enviado pelo software para a plataforma, para minimizar os riscos. Mas a rede de blocos Genius, não tem um mecanismo nativo de checar a qualidade da rede. Então foi definido também trabalhar uma exceção que seria enviar um único comando no agente, que faria o chaveamento entre as redes redundantes (troca das redes), emitindo assim um relatório da qualidade das redes. No caso de falha, a rede Genius retorna automaticamente e imediatamente a rede anterior, sem afetar o funcionamento dos sistemas.

Outro cuidado foi para não cometer erros de escrever em duplicidade na memória em uso. Várias otimizações no programa desenvolvido foram realizadas para minimizar o uso da memória de dados, necessárias para o agente de diagnóstico. Os sistemas de PLCs, principalmente os modelos 9070, tinham espaços críticos de memória. Tudo ficou no final resumido a menos de 200 words (400 bytes) de memória de dados e três blocos de rotina de programa. Para segurança nas intervenções, estes blocos eram totalmente independentes dos programas principais e não interferiam nem interagiam com eles.

Pela complexidade e cuidados necessários na construção destes agentes, quase um ano foi consumido entre estudar os projetos das plataformas, curva de aprendizagem, construção das ferramentas auxiliares e os projetos finais dos programas

Maiores detalhamentos da implementação do agente nos PLCs GEFanuc com redes de blocos Genius, está descrito no Apêndice A.

4.3.2 Agentes nos Supervisórios

Para facilitar também a construção das interfaces padronizadas para as equipes de bordo, foi construído um projeto de telas de navegação deste diagnóstico que ficaria no próprio supervisório. Este projeto montou um conjunto de telas padrão para o VXL. O conjunto completo do projeto SAC consistiu, portanto, do programa do PLC, em ladder, as bases de dados de mensagens padrão que seriam geradas para os bancos de dados em terra, e as telas de diagnóstico no supervisório para a utilização pelas equipes de bordo (figura 4.10).

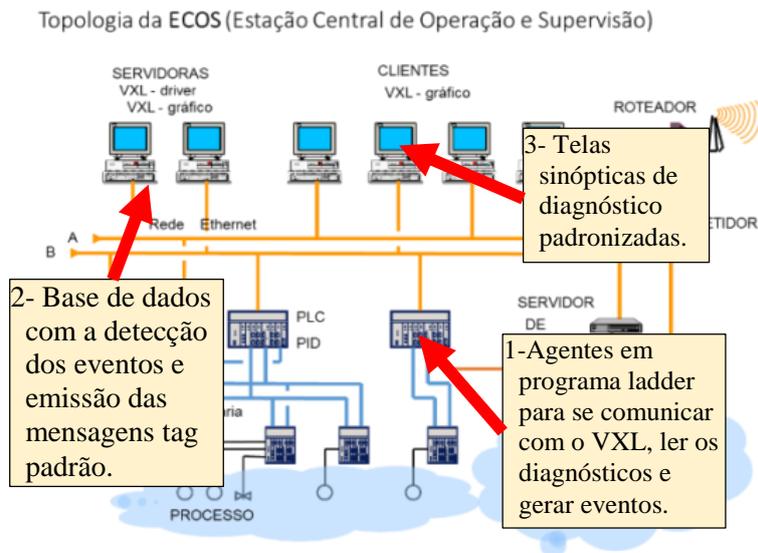


Figura 4.10 – Arquitetura do SAC.

4.3.2.1 Padronização das mensagens

Como um dos principais produtos do agente, foram construídos os mecanismos para emissão de mensagens padronizadas por camada.

As mensagens foram montadas conforme o descrito no capítulo 3 no item *Tags* de Diagnóstico.

4.3.2.2 Banco de dados no supervísório

No supervísório tipo VXL, existia um problema importante. O volume de mensagens novas de eventos, que precisavam ser geradas para atender todos os diagnósticos nativos e também os criados pelo projeto, eram enormes. Em média, alguns milhares de novos eventos. No sistema VXL, por ser baseado em uma interface de desenvolvimento muito antigo, estilo do velho MS-DOS, daria um trabalho grande a digitação evento por evento, sujeito a muitos erros, dentro de sua base de dados de projeto. Isso dificultaria a criação e posterior manutenção desses eventos. Mas o VXL utilizava uma base de dados nativo do VMS chamada RDB.

Foi estudado a possibilidade de gerar ferramentas para manipular este grande volume de dados de uma forma mais fácil. Este banco de dados RDB utiliza uma linguagem nativa de programação chamada RDO (equivalente ao SQL).

Um ambiente natural para se escrever este grande volume de dados sequencial são planilhas do tipo Excel. Foram montados gabaritos padrão em planilhas Excel para todos os dados de entrada para a interface entre o PLC e o supervisório VXL. Estas planilhas pré-montadas para o máximo de redes existentes nos sistemas das plataformas, mostrou-se de grande valia no dia a dia. Não só para o carregamento inicial dos alarmes que comporiam o sistema, mas também na sua manutenção e ajustes posteriores. A ideia foi facilitar a geração, implantação e posterior manutenção destes eventos e alarmes.

Maiores detalhes sobre esta ferramenta desenvolvida e de seu funcionamento e utilização, encontram-se descritas no Apêndice B – Ferramenta GeraRDO.

4.3.2.3 Telas sinópticas nos supervisórios

O segundo cuidado foi na padronização do layout visual das telas. A ideia era permitir que um operador de uma plataforma, pudesse entender e diagnosticar qualquer outra plataforma, já que as telas tinham significado e navegação iguais. A interface destes agentes de diagnóstico, deveriam ter seu entendimento intuitivo para um operador.

Várias animações de telas e até novos comandos de teste de chaveamento das redes redundantes dos blocos Genius, foram implementadas.

Um projeto de telas e navegação padrão, foi portanto, concebido e construído. As funções do agente de baixo nível construídas, conversavam corretamente com a base de dados de projeto do VXL em RDB e com as respectivas telas sinópticas do supervisório, além de enviar os eventos e alarmes para terra.

Isso permitiu uma nova dinâmica de ação das equipes de atendimento de automação a bordo. Agora eles podiam fazer rotinas de manutenção, com checagem semanal das condições de funcionamento das redes redundantes.

Exemplo do conjunto de telas para o agente do diagnóstico SAC do supervisório construído (figura 4.11, 4.12, 4.13).



Figura 4.11 – Telas padronizadas com área para desenhar a arquitetura da plataforma.



Figura 4.12 – Telas padronizadas com diagnósticos e Status gerais dos PLCs.

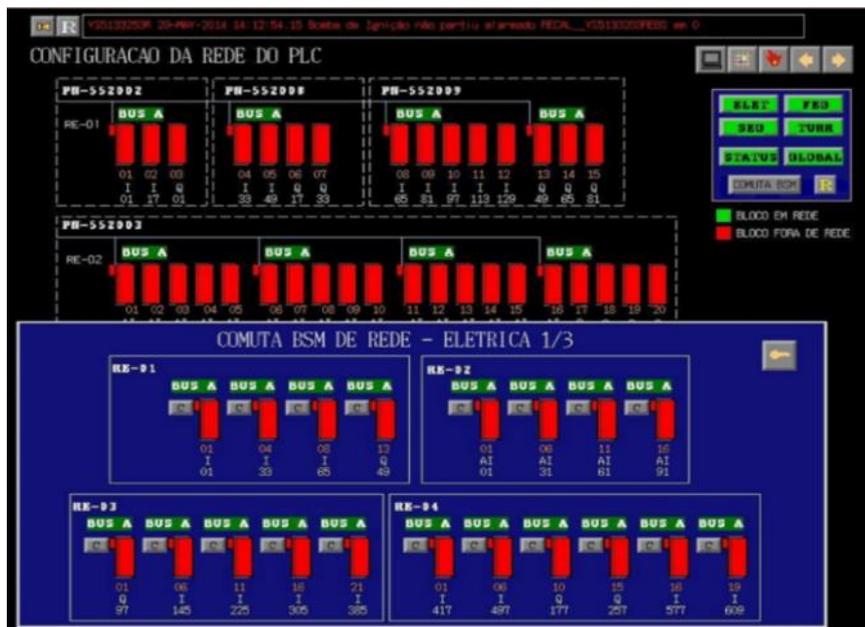


Figura 4.13 – Tela de chaveamento das redes.

Alguns exemplos do projeto das telas padrão de navegação estão descritos no Apêndice C – KitPic.

4.4 O sistema BINA

O Bina já dispõe de uma construção MVC que significa **Model – View – Controller** (Modelo – Visão – Controlador). É um modelo da arquitetura de software que tem a função de separar front-end (que o usuário vê) do back-end (que é o motor da aplicação) (Miranda, 2015).

A estrutura MVC funciona da seguinte maneira (figura 4.14):

Model (modelo) – O Model é responsável por tratar de tudo que é relacionado com os dados, como criar, ler, atualizar e excluir valores da base de dados, tratar das regras de negócios, da lógica e das funções. Apesar de fazer isso tudo, o Model não apresenta nada na tela e não executa nada por si. Normalmente, um View requisita que determinado Model execute uma ação e a mesma é executada dentro do View.

View (Visão) – O View é a parte que o usuário vê na tela, como HTML, JavaScript, CSS, Imagens e assim por diante. O View não tem nenhuma ação, mas requisita que o Model execute qualquer ação e mostra os valores retornados para o usuário. É importante ressaltar que um View não

depende de nenhum Model, por exemplo, se você vai apenas exibir dados HTML na tela, e não vai precisar de base de dados, talvez um Model não seja necessário.

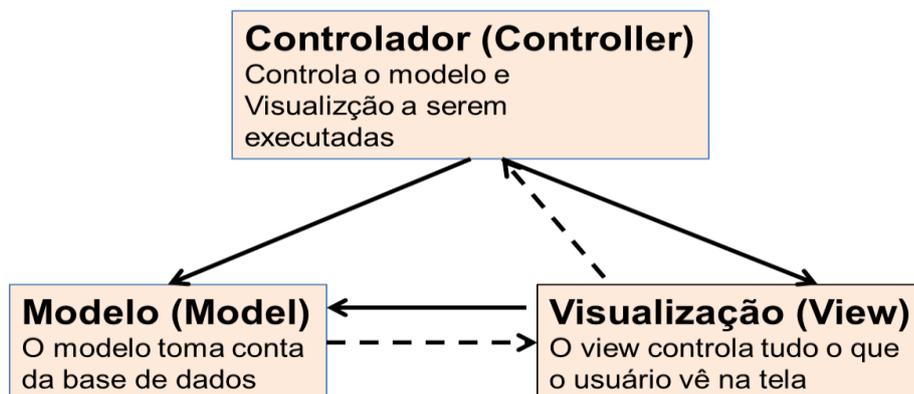


Figura 4.14 – Sistema com arquitetura MVC (linhas sólidas=ligação direta, linhas tracejadas=ligações indiretas).

Controller (Controlador) – O Controller é responsável por resolver se um Model e/ou um View é necessário. Caso positivo, ele incluirá os arquivos e funções necessárias para o sistema funcionar adequadamente.

A figura 4.15 mostra uma representação simplificada do inter-relacionamento da mensagem padronizada de diagnóstico, emitido pelo supervisor SCADA na plataforma e suas tabelas de tratamento no banco de dados Bina.

Infelizmente até a conclusão deste trabalho, esta estrutura não estava completamente construída e operacional dessa forma. Isso impediu de apresentar maiores avanços de resultados desse projeto. Contudo, mesmo assim, os principais ganhos foram percebidos.

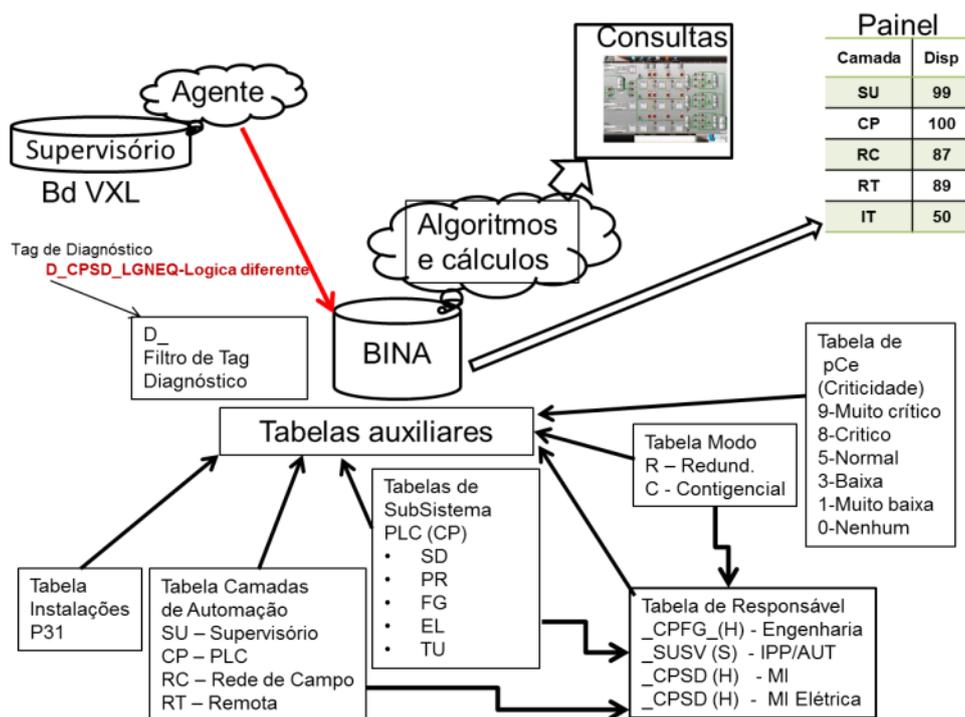


Figura 4.15 – Representação da estrutura de tabelas do BINA.

O fato da construção do *tag* de mensagem, ter um projeto para favorecer a fácil classificação dos filtros do banco de dados, cria o ambiente necessário para a construção das várias propostas descritas nos capítulos iniciais deste trabalho. De forma quase que direta, vários views ou pesquisas via SQL podem ser realizadas. O BINA já tem uma interface amigável e disponível para o usuário corporativo, que implementa qualquer consulta SQL, mesmo para o usuário leigo. Os usuários já podem, portanto, construir diretamente dos dados nativamente padronizados de diagnóstico, consultas especializadas para diferentes públicos. Todas as consultas podem ser gravadas e impressas, o que as torna um relatório.

4.4.1 Estrutura da base de dados

No Bina atualmente já existe um pré-tratamento dos dados, que os expande e faz o que chamamos de uma depuração. Isso é necessário porque este banco de dados de log, recebe todos os eventos e alarmes emitidos por todas as plataformas de processo despadronizados, e agora também os de diagnósticos padronizados. As tabelas já são separadas por plataforma. Portanto não é necessário este dado ser incluído no nome do *tag* de diagnóstico para uso no BINA.

A primeira tabela (figura 4.16) contém os dados descritivos da instalação. Tem função de informativo técnico. Auxilia na composição dos cabeçalhos dos relatórios por instalação.

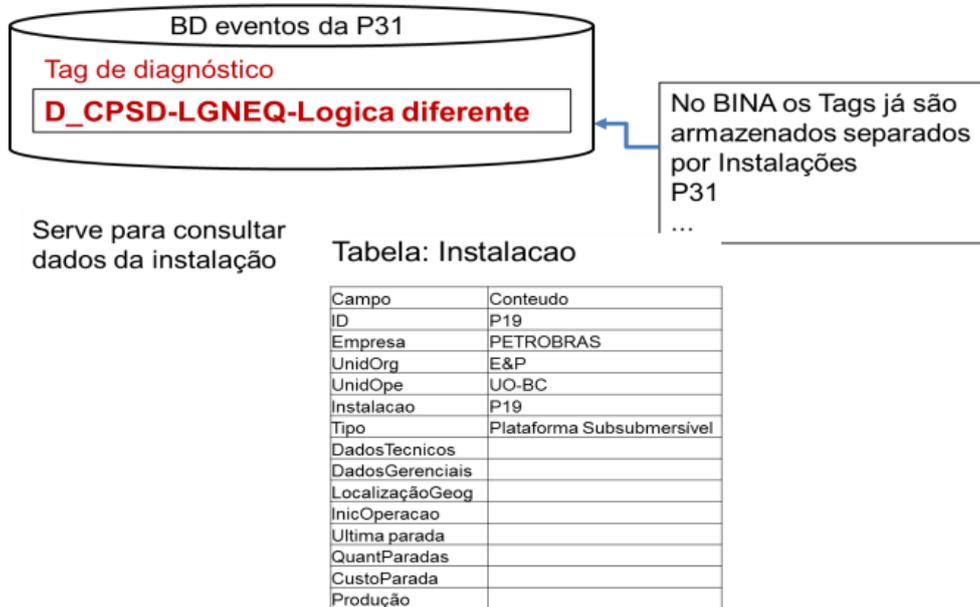


Figura 4.16 – Tabela com dados da plataforma.

A segunda tabela (figura 4.17) define as camadas de automação industrial projetadas.

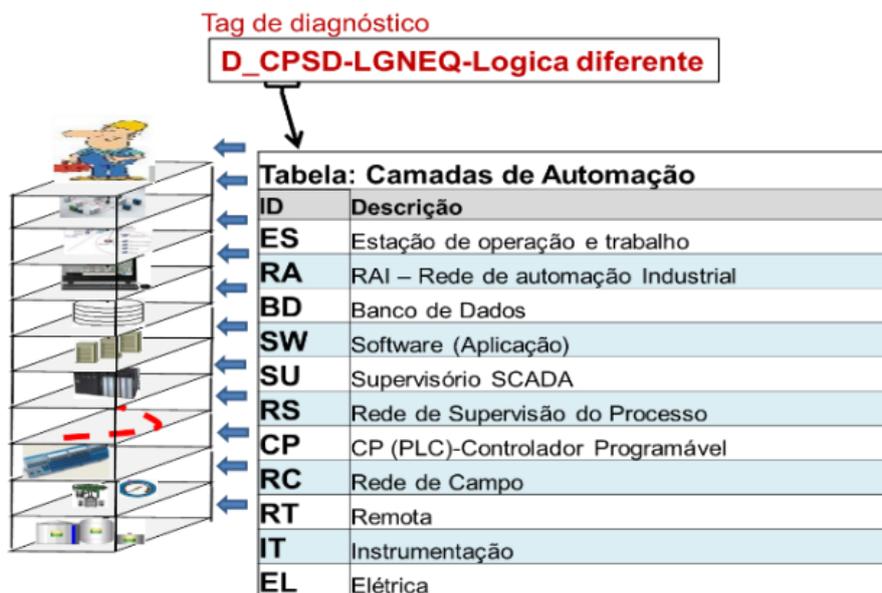


Figura 4.17 – Tabela com camadas (CETAI).

Outra tabela (figura 4.18), é a de subsistemas das camadas da automação industrial. Esta subdivisão já se refere ao projeto ou a forma como os subsistemas existem dentro de cada plataforma e de cada camada. O conhecimento macro do projeto dos subsistemas fica nesta tabela que é construída pela engenharia. Qualquer usuário com autorização de acesso, pode consultar esta tabela para saber como construir sua consulta. Plataformas diferentes, podem ter sistemas diferentes. Nas plataformas abrangidas por este projeto, existiam as principais divisões de sistemas, seguindo o padrão da quarta geração, que eram: Fogo e Gás, Processos de produção, Elétrica, Segurança e Turret. Além desses cinco sistemas principais, existem diversos outros auxiliares chamados de sistema pacotes. No futuro esta tabela pode ser modelada para sistemas pacotes também, se os eventos e alarmes de diagnóstico desses sistemas forem também padronizados.

Essa mesma estratégia será utilizada para as outras camadas de automação industrial. Por exemplo, para os sistemas da camada de elétrica temos os subsistemas de subestação e nobreaks.

Estas subcamadas dos sistemas das camadas de automação industrial seguirão projetos de engenharia e ficam disponíveis na tabela para consultas.

Tag de diagnóstico

D_CPSD-LGNEQ-Logica diferente

TABELA DE SUBSISTEMAS

INSTA- LAÇÃO	CA MA DA	SUBSIS TEMA	Descrição
P31	RA	FW	RAI - Firewall
P31	ET	CL	Estação Cliente em Microcomputador
P31	ET	HM	Estação IHM proprietária
P31	BD	S1	Base de dados do SCADA 1
P31	BD	S2	Base de dados do SCADA 2
P31	SU	S1	Supervisório SCADA 1
P31	SU	S2	Supervisório SCADA 2
P31	RS	R1	Rede de supervisão 1
P31	CP	SD	PLC de Segurança (Emergency ShutDown)
P31	CP	EL	PLC de Elétrica
P31	RC	SD	Rede de campo do PLC de Segurança
P31	RT	SD	Remota de do PLC de Segurança
P32	IT	SD	Instrumentação de Segurança
P33	IT	FG	Sensor de fogo e gas
P31	EL	SB	SUBESTAÇÃO
P31	EL	NB	NOBREAK

Figura 4.18 – Tabela com camadas e Subsistemas de cada camada.

Era preciso ter um mecanismo de indicar a relevância de um equipamento, instrumento ou sensor, aqui chamados de elementos, para com a sua camada de automação (figura 4.19).

Para isso foi criado Cea que é a Criticidade do Elemento Atribuído pelas engenharias, variando de 0 a 10.

Para facilitar, sua atribuição foi dividida em três análises de engenharias separadas. O índice final que será assumido para referência, será é o maior Cea de todos.

Cea Engenharia de Automação = Criticidade do elemento atribuído para a camada na visão do projeto da engenharia de automação.

Cea Engenharia de Processo = peso da Criticidade do elemento para a camada na visão da engenharia do processo de produção (parada ou redução da produção)

Cea Engenharia de Segurança = peso da Criticidade do elemento para a camada na visão da segurança do processo (inclui risco a vida e ao meio ambiente).

Tabela Elemento da camada da instalação e sua Cea = Criticidade do elemento atribuído de 0 a 10

Tag de diagnóstico

D_RCSD-R01BL01F-Falha da Rede 01 Bloco 01 (8)

LO CAL	CA MA DA	SUB SISTE MA	Ele men to	Descrição do elemento	Cea	Cea Eng. Aut.	Cea Eng. Proc.	Cea Eng. Seg.	Re dun dan te
P31	CP	EL	MST	Master	5	5			1
P31	CP	EL	SEC	Secundário	5	5			1
P31	CP	SD	MST	Master	5	5			1
P31	CP	SD	SEC	Secundario	5	5			1
P31	RC	SD	R01	Rede 01	8	2	8		
P31	RC	SD	R02	Rede 02	10	2	0	10	
P33	RC	SD	R03	Rede 03	7	2	0	7	
P31	RC	SD	R04	Rede 04	8	2	10	8	
P31	RC	SD	R05	Rede 05	0	2	0	0	
P31	RT	SD	008	Remota 08	10	9	10		

Cea é atribuído pelas engenharias de automação, de processo e de segurança (o Cea é o maior dos três)

Figura 4.19 - Criticidade do elemento atribuído.

4.4.1.1 Disponibilização para consulta via navegador.

Para as consultas e relatórios mais poderosos, será preciso desenvolver todas as tabelas auxiliares propostas neste projeto, preenchê-los de dados e alguns algoritmos de pré-tratamento específicos para diagnóstico. Nas figuras 4.20 e 4.21, temos exemplos de telas já disponíveis no BINA

O ambiente para estes futuros desenvolvimentos é o mais propício possível. É um ambiente webserver que responde diretamente a qualquer solicitação de qualquer tipo de navegador. O banco de dados é do tipo MySql aberto, é seguro e amplamente dominado pela comunidade.

E para fechar, a linguagem utilizada para introduzir algoritmos pode ser os próprios storage procedure do MySQL ou se preferir, pode utilizar diretamente Php ou ainda integrá-lo com Java.



Figura 4.20 – Interface atual de consulta do BINA.

Pesquisa na tela do Bina com a busca pela camada de PLC (^D_CP*)

UO-BC/IPP/AUT: HISTÓRICO DE ALARMES E COMANDOS

P-31 P-32 P-33 P-34 P-35

Visualizar gráficos de estatísticas.
 Isso aumentará um pouco o tempo de processamento da solicitação.

Data Inicial: 2015-01-01 00:00:00 Data Final: 2015-03-30 23:59:59

Estação: I01p31 TAG Name: ^D_CP*

INFORMações DOS CAMPOS DE PESQUISA
 Data Inicial: 2015-01-01 00:00:00
 Data Final: 2015-03-30 23:59:59
 Estação: I01p31
 TAG Name: ^D_CP*

EVENTOS E COMANDOS

CRONOLOGIA	PRIORIDADE	ESTAÇÃO	TAG NAME	TIPO DE TAG	DESCRIÇÃO	TIPO DE EVENTO	TIPO DE EVENTO
2015-01-02 15:47:25	10	I01P31	D_CRES_FCECPU	EVT	EXISTE FORÇA NO PLC DE FOGOGAS	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-06 17:43:51	10	I01P31	D_CPRF_ASTPLCP	EVT	EXISTE FORÇA NO BLOCO DE PROCESSO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-07 09:53:16	10	I01P31	D_CPRF_ASTPLCP	EVT	EXISTE FORÇA NO BLOCO DE PROCESSO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-08 21:48:27	10	I01P31	D_CPRF_ASTPLCP	EVT	EXISTE FORÇA NO BLOCO DE PROCESSO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-09 17:27:54	10	I01P31	D_CRES_FCECPU	EVT	EXISTE FORÇA NO PLC DE SHUTDOWN	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-09 17:29:44	10	I01P31	D_CRES_FCECPU	EVT	EXISTE FORÇA NO PLC DE SHUTDOWN	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-14 14:39:41	10	I01P31	D_CRES_ASTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS CRUZO DE PLC ELET	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-14 16:11:44	10	I01P31	D_CPRF_FCECPU	EVT	EXISTE FORÇA NO PLC DE PROCESSO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-16 02:10:24	10	I01P31	D_CRES_ASTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS DE BLOCOS DE PLC ESS	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-16 02:27:24	10	I01P31	D_CRES_ASTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS CRUZO DE PLC ELET	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-16 03:07:25	10	I01P31	D_CRES_ASTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS DE BLOCOS DE PLC ESS	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-16 03:18:35	10	I01P31	D_CRES_ASTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS DE BLOCOS DE PLC ESS	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-17 12:59:15	10	I01P31	D_CRES_CROFF	EVT	PLC B FOGOGAS OFFLINE	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-19 20:08:58	10	I01P31	D_CRES_ASTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS DE BLOCOS DE PLC ESS	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-19 20:13:48	10	I01P31	D_CPRF_ASTPLCP	EVT	EXISTE FORÇA NO BLOCO DE PROCESSO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-24 15:12:45	10	I01P31	D_CPTU_ASTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS CRUZO DE PLC TURRET	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-27 05:31:10	10	I01P31	D_CPTU_CPHAST	EVT	PLC A TURRET MASTER	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-27 15:43:19	10	I01P31	D_CPTU_CROFF	EVT	PLC A TURRET OFFLINE	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-27 15:43:49	10	I01P31	D_CPTU_CPHAST	EVT	PLC B TURRET MASTER	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-27 15:43:59	10	I01P31	D_CPTU_CROFF	EVT	PLC A TURRET OFFLINE	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-27 16:17:40	10	I01P31	D_CRES_ASTPLCP	EVT	EXISTE FORÇA NO BLOCO DE PROCESSO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-29 12:26:38	10	I01P31	D_CPRF_FCECPU	EVT	EXISTE FORÇA NO PLC DE PROCESSO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-31 15:24:23	10	I01P31	D_CRES_ASTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS CRUZO DE PLC ELET	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI

Figura 4.21 – Sistema de consulta BINA (por CP).

4.4.1.2 Utilização desses dados na malha de atendimento

As equipes de monitoração e vigilância de automação da gerência, já utilizava o BINA como uma das ferramentas principais para execução dos seus trabalhos. Com a chegada dos *tags* de diagnósticos padronizados, já houveram ganhos consideráveis na avaliação desses dados.

A parte de utilização desses dados para pesquisa e data mining não está sendo realizado nem representa uma prioridade nesse momento.

Os ganhos se tornarão maiores à medida que mais plataformas aderirem e os implementem.

4.5 O sistema historiador

O sistema de banco de dados historiador da empresa, é chamado PI, e é uma solução de infraestrutura de dados em tempo real do fabricante OSIsoft, LLC. Fundada em 1980, a OSIsoft, LLC é uma empresa privada e com sede em San Leandro, Califórnia. O PI é usado para capturar, processar, analisar e armazenar qualquer tipo de dados em tempo real.



Figura 4.22- Arquiteturas em uma unidade (fig. superior) e corporativa (fig. inferior).

O PI System é um conjunto de produtos de software que são utilizados para a coleta de dados, historiar, encontrar, analisar, entregar e visualizar. É comercializado como uma infra-estrutura empresarial para a gestão de dados e eventos em tempo real. O termo sistema PI é frequentemente utilizado para referir-se ao servidor PI (Server), mas os dois não são os mesmos. O sistema PI é composto de vários servidores intermediários que ficam nas plataformas coletando os dados. Os dados podem ser coletados automaticamente a partir de muitas fontes diferentes, como na figura 4.22 superior. Na figura 4.22 inferior, podemos ver os vários sites concentrando em um conjunto de servidores que atende a demanda da companhia.

Disponibilização de telas de indicadores e camadas

Os trabalhos de utilização do PI e PI-AF utilizando os *tags* de diagnóstico padrão, estava ainda no seu desenvolvimento inicial. Todavia alguns resultados parciais já podiam ser observados.



Figura 4.23 – Tela de indicadores do DIA geral no PI.

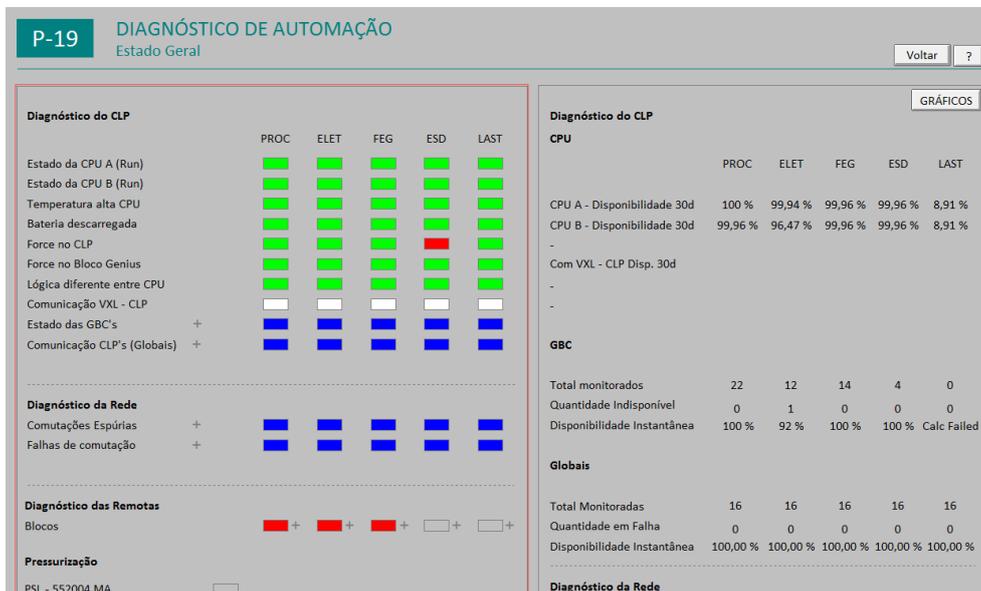


Figura 4.24 – Indicadores de disponibilidades.



Figura 4.25 – Tela de diagnósticos dos blocos Genius.

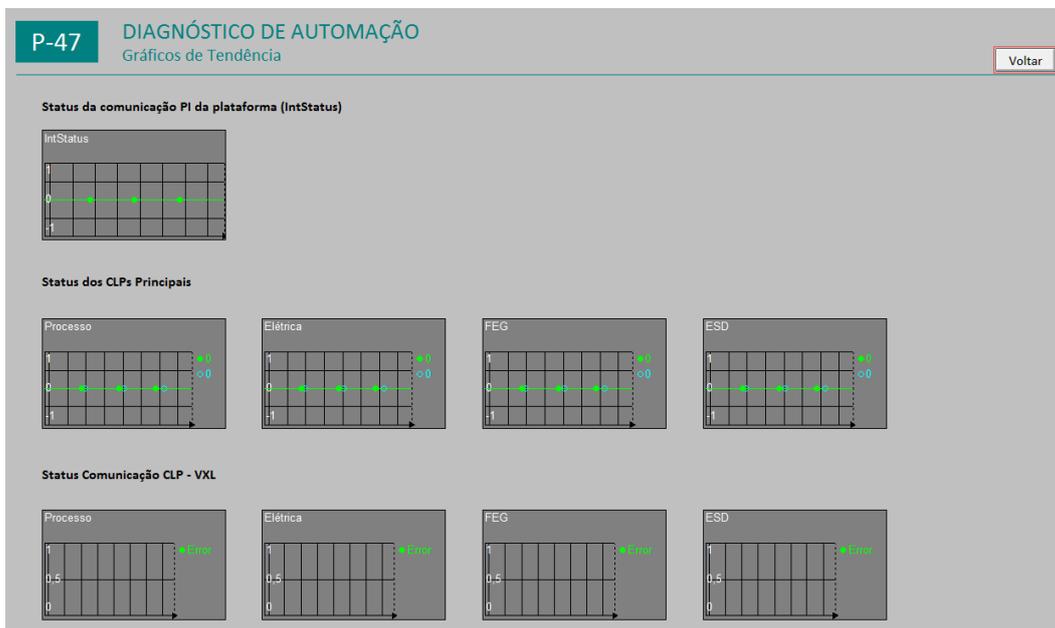


Figura 4.26 – Gráficos de tendências dos diagnósticos a partir do PI-AF.

Com o que já foi desenvolvido, pode-se perceber que o poder destas interfaces de levar informação de diagnóstico de sistemas das plantas para os usuários finais autorizados, é muito bom. É na essência, a transformação de dados brutos que na prática tinha pouca utilidade em informações mais fáceis de entender.

5 Resultados Obtidos

No momento da conclusão deste trabalho, o sistema estava em plena implantação e expansão. O cenário resultante era o seguinte:

a-) O SAC nas plataformas com supervisor VXL/VMS e PLCs do fabricante GEFanuc estavam implantados. Será descrito aqui, somente o embarque e resultados obtidos a bordo da plataforma P-31 como um exemplo. As demais plataformas com a mesma tecnologia tinham a programação de implantação em andamento.

b-) O atendimento a bordo em malha rápida, resultado do SAC nas plataformas implantadas estava operacional.

c-) As consultas disponibilizadas no sistema BINA para utilização geral dos usuários estava disponível. Algumas melhorias nos resultados para a equipe de monitoração de automação, foram percebidas, no atendimento em malha média, como uma melhor identificação dos tags agora padronizados de diagnóstico. O sistema auxiliar com o tratamento e tabelas descritas neste trabalho, não estava operacional ainda. Isso reduziu por enquanto os ganhos corporativos da proposta, não tendo nesse item, maiores resultados concretos para apresentar neste momento.

d-) Consultas e indicadores estavam em desenvolvimento no PI.

e-) Estava em andamento projeto para plataforma com tecnologia de supervisor VXL e PLCs do fabricante Rockwell, incluindo e aderindo aos padrões e conceitos adotados neste projeto.

f-) Estava-se também trabalhando para implantar e aderir a padronização em todos os PLCs do fabricante ALTUS com supervisor Intouch/Windows.

g-) Uma plataforma com tecnologia VXL/VMS e PLCs do fabricante Siemens, a mesma tecnologia utilizada em várias outras plataformas, estava em fase final de implantação.

e-) Consultas e indicadores estavam em desenvolvimento no BINA.

Então em linhas gerais, pode-se concluir que houve uma participação e adesão expressiva da equipe técnica da gerência da empresa ao projeto DIA.

5.1 Embarque e resultados a bordo

Será relatado a primeira plataforma que foi a P-31, exemplificando como ocorreu o embarque e implantação e os seus resultados obtidos a bordo.

Foram envolvidas duas equipes nos trabalhos: dois profissionais da assistência técnica, gerência da automação (IPP/AUT) e três profissionais da automação de bordo.

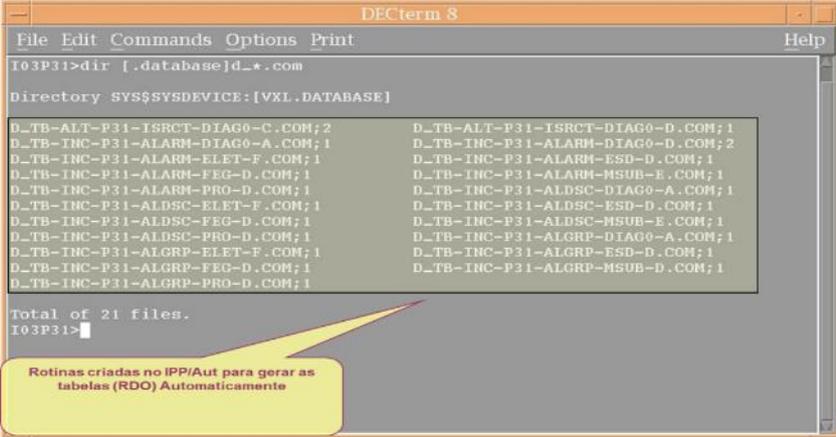
O embarque consistiu de um total de 7 dias, sendo um dia de voo e embarque, um dia desembarque e 5 dias de trabalho efetivo.

Serviços foram executados em quatro etapas:

- 1- Implantação dos programas;
- 2- Teste da aplicação gerada;
- 3- Treinamento e divulgação interna;
- 4- Resultados obtidos na malha rápida.

5.1.1 Etapa –1 - Implantação dos programas

Na primeira etapa foram usadas as telas padronizadas, chamada de KitPics, adaptada para a plataforma e um programa chamado GeraRdo, que acrescenta centenas de eventos novos necessários diretamente no RDB, que é a base de dados do VXL/VMS. Todos desenvolvidos em terra (figura 5.1).



```
DECterm 8
File Edit Commands Options Print Help
IO3P31>dir [database]d_*.com
Directory SYS$SYSDEVICE:[VXL.DATABASE]
D_TB-ALT-P31-ISRCT-DIAG0-C.COM;2
D_TB-INC-P31-ALARM-DIAG0-A.COM;1
D_TB-INC-P31-ALARM-ELET-F.COM;1
D_TB-INC-P31-ALARM-FEG-D.COM;1
D_TB-INC-P31-ALARM-PRO-D.COM;1
D_TB-INC-P31-ALDSC-ELET-F.COM;1
D_TB-INC-P31-ALDSC-FEG-D.COM;1
D_TB-INC-P31-ALDSC-PRO-D.COM;1
D_TB-INC-P31-ALGRP-ELET-F.COM;1
D_TB-INC-P31-ALGRP-FEG-D.COM;1
D_TB-INC-P31-ALGRP-PRO-D.COM;1
D_TB-ALT-P31-ISRCT-DIAG0-D.COM;1
D_TB-INC-P31-ALARM-DIAG0-D.COM;2
D_TB-INC-P31-ALARM-ESD-D.COM;1
D_TB-INC-P31-ALARM-MSUB-E.COM;1
D_TB-INC-P31-ALDSC-DIAG0-A.COM;1
D_TB-INC-P31-ALDSC-ESD-D.COM;1
D_TB-INC-P31-ALDSC-MSUB-E.COM;1
D_TB-INC-P31-ALGRP-DIAG0-A.COM;1
D_TB-INC-P31-ALGRP-ESD-D.COM;1
D_TB-INC-P31-ALGRP-MSUB-D.COM;1
Total of 21 files.
IO3P31>
```

Listagem dos comandos (rotinas) utilizados – GeraTab

Figura 5.1 – Listagem de programas gerados automaticamente das planilhas pelo GeraRdo, para composição de eventos.

Nesta plataforma em particular, já existiam algumas rotinas de diagnósticos no PLC desenvolvidas em linguagem de programação ladder, que foram reaproveitados. Em todas as outras plataformas com modelos GEFanuc, estes programas em linguagem ladder foram atualizados para a versão mais completa desenvolvida neste projeto.

Tudo foi realizado com o máximo de cuidado para não provocar nenhum impacto ou parada na produção. As plataformas têm problemas de capacidade limitada de pessoal a bordo, e o tempo liberado para esses trabalhos foram de somente 5 dias. Como tudo foi feito pela primeira vez, houve um planejamento das ações para ser realizado de forma cronometrada e sincronizada com o curto prazo disponível. Estas ações da Etapa 1 consumiram a maior parte do tempo. Embora testado em terra, por serem estes sistemas antigos, a compilação e montagem final das telas e das bases de dados, precisam ser feitas a bordo. Isso garante que qualquer desenvolvimento ou alteração feito nos sistemas no período de desenvolvimento dos diagnósticos em terra, sejam incorporados no produto final. Foi tudo montado e instalado nesta fase em uma estação única, juntamente com o pessoal da manutenção de automação embarcado.

5.1.2 Etapa – 2 - Testes da aplicação gerada.

Nesta etapa foram necessários 3 dias, coletando os eventos de diagnósticos que surgiam e os analisando (figura 5.2).

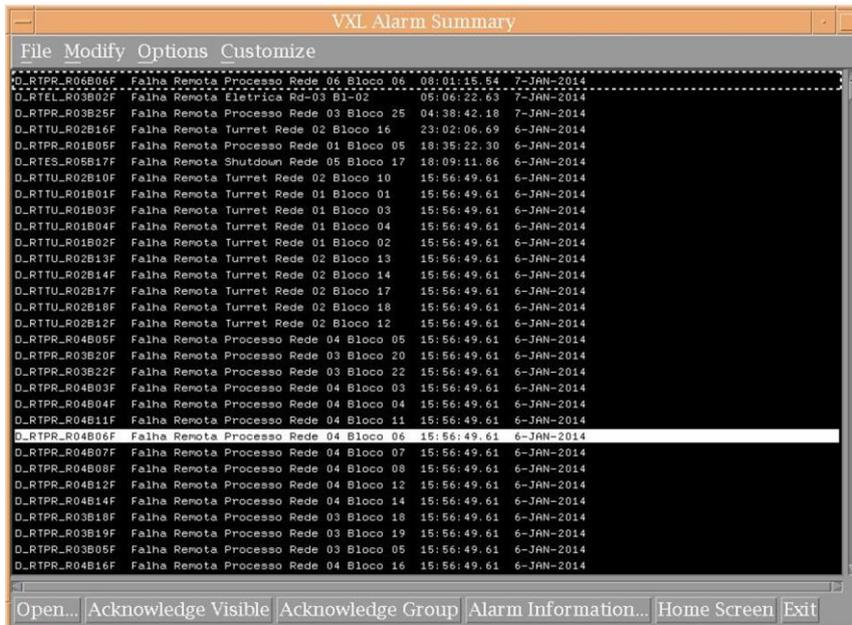


Figura 5.2 – Eventos sendo gerados para terra.

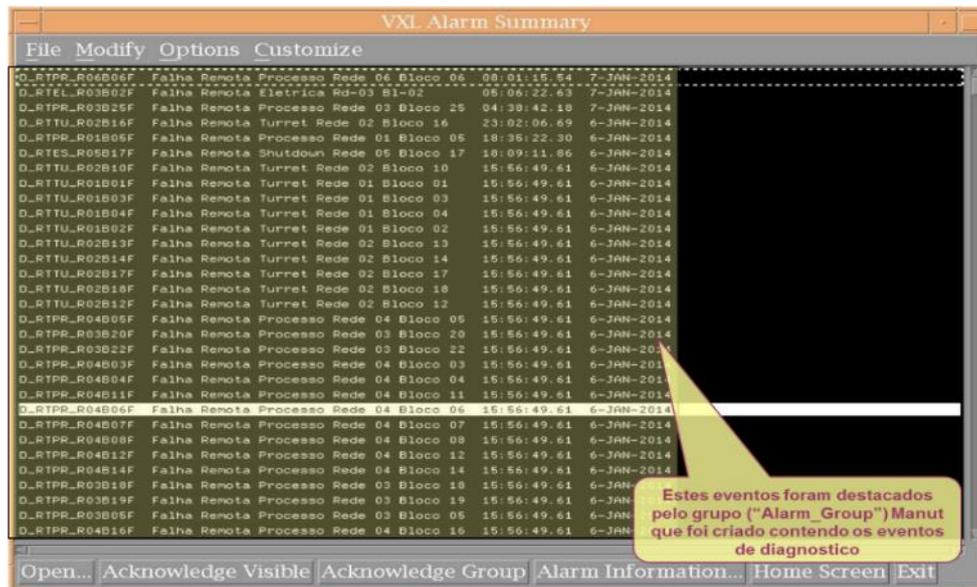
Também foram simulados eventos gerados numa tela auxiliar de teste criada para isso (figura 5.3). Foram detectados vários problemas que foram sanados.

Dia	Hora	Tag	Estado	Mensagem	PLC_Endereço	Visto	OBS
06/jan/	15:24:08.	D_CPEL_CPAM			ELET_PLCAMASTE		
	14 36	AST	ALARMADO	PLC A esta como MASTER EM 1	REPT	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	03A	ALARMADO	Muda BSM Fogo&Gas Rd-04 Bl-03 para A EM 1	FeG_RF0403A	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	04A	ALARMADO	Muda BSM Fogo&Gas Rd-04 Bl-04 para A EM 1	FeG_RF0404A	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	05A	ALARMADO	Muda BSM Fogo&Gas Rd-04 Bl-05 para A EM 1	FeG_RF0405A	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	06B	ALARMADO	Muda BSM Fogo&Gas Rd-04 Bl-06 para B EM 1	FeG_RF0406B	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	07B	ALARMADO	Muda BSM Fogo&Gas Rd-04 Bl-07 para B EM 1	FeG_RF0407B	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	08B	ALARMADO	Muda BSM Fogo&Gas Rd-04 Bl-08 para B EM 1	FeG_RF0408B	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	09B	ALARMADO	Muda BSM Fogo&Gas Rd-04 Bl-09 para B EM 1	FeG_RF0409B	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	09F	ALARMADO	Falha Remota Fogo&Gas Rede 4 Bloco 9 EM 1	FeG_RF0409EPT	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	10B	ALARMADO	Muda BSM Fogo&Gas Rd-04 Bl-10 para B EM 1	FeG_RF0410B	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	11A	ALARMADO	Muda BSM Fogo&Gas Rd-04 Bl-11 para A EM 1	FeG_RF0411A	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	12A	ALARMADO	Muda BSM Fogo&Gas Rd-04 Bl-12 para A EM 1	FeG_RF0412A	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	13A	ALARMADO	Muda BSM Fogo&Gas Rd-04 Bl-13 para A EM 1	FeG_RF0413A	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	14A	ALARMADO	Muda BSM Fogo&Gas Rd-04 Bl-14 para A EM 1	FeG_RF0414A	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	15A	ALARMADO	Muda BSM Fogo&Gas Rd-04 Bl-15 para A EM 1	FeG_RF0415A	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	15F	ALARMADO	Falha Remota Fogo&Gas Rede 4 Bloco 15 EM 1	FeG_RF0415EPT	✓	
06/jan/	15:24:08.	D_RTFG_R04B					
	14 37	16A	ALARMADO	Muda BSM Fogo&Gas Rd-04 Bl-16 para A EM 1	FeG_RF0416A	✓	

Figura 5.3 – Teste de eventos gerados através de simulação a bordo.

Um grupo de alarmes e eventos chamado Manutenção (Manut), foi criado para separar todos os alarmes e eventos de diagnóstico, de todos os demais eventos gerados pela plataforma (figura 5.4).

Depois dos testes com sucesso e estando o produto final pronto, foi replicada a nova aplicação para os outros servidores e todas as demais estações a bordo. A nova aplicação foi acompanhada pela equipe de implantação pelo menos por 24 horas antes do desembarque, não sendo registrada nenhuma anormalidade.



Sumário de alarmes mostrando os eventos de diagnostico de automação

Figura 5.4 – Eventos gerados pelo diagnóstico ficaram em um grupo de alarmes específico chamado MANUT.

5.1.3 Etapa – 3 - Treinamento e divulgação interna

Nesta etapa, foram apresentados a todos os técnicos embarcados as novas telas de diagnóstico e suas novas funcionalidades e facilidades para analisar e resolver problemas a bordo.

Foi convocado e realizado uma apresentação especial explicando o objetivo, ganhos e resultados da implantação destes novos sistemas de diagnóstico para todos os turnos de operação, toda a supervisão, coordenação e gerência da plataforma. A receptividade dos trabalhos foi excelente e motivadora para a equipe de implantação.

5.1.4 Etapa – 4 - Resultados obtidos

Uma funcionalidade importante acrescida, foi a opção de testar as redundâncias das redes dos blocos Genius. Infelizmente as redes redundantes de blocos Genius, não tem um teste interno automático. Com a implantação do SAC nesta plataforma, foram criados pela equipe de bordo, um procedimento de testes semanais para verificar a situação de todas as redes (figuras 5.5).



Figura 5.5 - Tela de comutação e apresentação de resultados.

Agora se uma rede ou segmento de rede redundante não passa nos testes semanais, as providências podem ser tomadas, antes que um evento real de falha total aconteça.

Se o sistema troca automaticamente de uma rede principal que está em falha para outra que já estava em falha, derruba toda a plataforma. Sem o teste introduzido no SAC, dificilmente isso poderia ser detectado. Todos os sistemas principais da plataforma estão ligados nestas redes Genius redundantes. A expectativa é de uma redução de paradas de produção ocasionados por estes problemas.

Isso foi considerado uma melhoria e uma fonte de redução e antecipação de problemas, se implantado em todas as demais plataformas com esta mesma tecnologia.

Os demais sistemas simples e redundantes, agora tem indicações dos seus estados nas telas do supervisor (figura 5.6).



Figura 5.6 - Tela de diagnóstico para o pessoal a bordo (malha rápida) que mostra falhas individuais nos blocos Genius.

5.2 Captura e resultados obtidos em terra

Foi visto no capítulo anterior que os eventos e alarmes capturados em terra, estavam disponíveis para consulta no BINA.

Igualmente no sistema PI, as telas com indicadores de disponibilidade dos elementos estavam em desenvolvimento.

6 Conclusão

As ferramentas utilizadas na melhoria do diagnóstico dos equipamentos, a partir do nível mais baixo, que seria o PLC e o supervisor, foram completamente desenvolvidas para plataformas com PLC GEFANUC e supervisor VXL/OpenVMS. Mecanismos de teste de redundância para supervisórios, PLCs e redes, foram criados e tornados disponíveis para os técnicos de manutenção a bordo.

Quatro plataformas estavam implantadas nas condições desse projeto e cinco estavam previstas para implantação. Os agentes das demais plataformas de tecnologias diferentes, estavam em processo inicial de adaptação.

Os maiores ganhos diretos desta implementação foram para essa equipe a bordo, ou seja, malha de atendimento rápido, que agora passou a perceber e tratar a queda das redundâncias dos sistemas.

Também foi feito de forma básica, a integração dos sistemas e banco de dados em terra já existentes, abrindo espaço para diversas expansões futuras. Os trabalhos neste segmento, continuam em expansão e com engajamento do setor.

Outros aspectos positivos obtidos do desenvolvimento deste trabalho:

Um primeiro ganho foi de iniciar a construção de uma engenharia de confiabilidade própria. Hoje os diagnósticos são pouco utilizados ou tem baixa eficácia na forma nativa como estão nos sistemas, para análise e encaminhamento de solução dos problemas. A introdução e utilização do conceito de Diagnóstico por Camadas, favorece e automatiza o entendimento, o atendimento e o tratamento dos problemas de uma forma própria para a empresa. É uma maneira de construir um sistema interno de gerenciamento de ativos e engenharia de confiabilidade, que pode ser um diferencial futuro de qualquer grande corporação. Diversas plantas poderiam ser beneficiadas através desta construção, tais como os campos de produção offshore e onshore, incluindo os novos campos do pré-sal.

O segundo ganho é a natureza integradora deste projeto. A proposta direciona todos os esforços, individuais e coletivos, a se acoplarem a um macro sistema DIA (Diagnóstico Integrado de Automação). Ao dar uma identidade a um macroprocesso, uma base de dados de conhecimento corporativo e de melhoria contínua, passa a se auto direcionar e integrar permanentemente aos processos internos. Isso se aplica desde os menores esforços ligados diretamente a instrumentação a

bordo da plataforma, aos maiores sistemas com macro visões corporativas de toda a plataforma ou até mesmo de todo o campo de produção. Todas as soluções individuais de software ou infraestrutura que são encontradas, para os diversos problemas em toda esta cadeia envolvida, serão direcionadas a se integrarem ao sistema DIA. Isso deve produzir uma força de coesão aos sistemas, otimizando todos os esforços.

O terceiro ponto é o impulso padronizador do projeto, do dado mais básico que é o *tag* de diagnóstico, até a padronização das interfaces entre os grandes sistemas e das grandes bases de dados. Essa tendência à padronização é consequência da natureza integradora descrita no item anterior, que tende sempre a uniformizar os acoplamentos entre as partes. O conhecimento e melhorias introduzido numa planta, pela definição de padrões, pode ser expandido facilmente para todas as outras. Esse conhecimento corporativo vai estar contido nos processos e padrões. A base do conhecimento corporativo que fica, é aquela que é integrada aos seus procedimentos e processos permanentemente.

Esta cadeia de ações e sistemas uniformizados, vão se acumular, se aperfeiçoar e se sofisticar. No futuro, parte da integração do conhecimento ao processo poderá ser automatizado com outros projetos existentes da empresa como o MAICE, por exemplo. Pode-se fazer com que toda a cadeia atinja o nível 2 de automação, que são sistemas se autodiagnosticando. Lembrando o que foi apresentado no capítulo 1, de que a complexidade e dificuldade de entendimento das plantas tende a crescer. Com a continuidade deste projeto, num futuro, o entendimento e tratamento desta complexidade tenderá a se integrar ao próprio diagnóstico das plantas. Isso acontecerá ou pelas informações que ficarão nos próprios bancos de dados e seus algoritmos, ou pelas soluções dos problemas incluídos a estas mesmas informações.

Outro ganho indireto que se espera são vantagens econômicas pela redução de paradas de produção. Um melhor e mais rápido diagnóstico integrado, permitirá operar as plantas de forma mais produtiva e segura, com um custo cada vez mais baixo. No capítulo 1 também foi apresentado que o panorama atual tende a fazer os “custos de manutenção serem sempre crescentes”. Esta elevação de custos pode ser minimizada, com a especialização, integração e ganho de escala das ações de diagnóstico provocada pelo sistema DIA. Uma melhor detecção e tratamento de falhas, aumenta a confiabilidade operacional, a segurança das pessoas e do meio ambiente. Também um melhor aproveitamento das logísticas especializadas das malhas de atendimento rápida, média e longa, otimizará e reduzirá os custos totais de manutenção. Os ganhos econômicos maiores e indiretos serão pelo aumento da produtividade total das pessoas e das plantas.

Outro ganho é a flexibilidade e escalabilidade do sistema DIA. A parte mais difícil e intrusiva do sistema é o subsistema de coleta SAC. O subsistema SAC e os demais subsistemas foram construídos com ferramentas para facilitar e tornar acessível a configuração para quaisquer arquiteturas diferentes. Foram projetados para que as alterações nos sistemas em produção das plataformas, com a implantação destes softwares, sejam o menos impactante possível. Podem ser executados sem alterar nem parar qualquer sistema em produção. Para implantar o sistema em plantas novas que já utilizem a mesma tecnologia, precisa-se apenas de algumas semanas de trabalho, de preparação em terra e 5 dias de autorização de embarque. É possível, portanto, propagar para todas as outras plantas interessadas na proposta, promovendo melhorias diretas com baixo custo de implantação.

Todos os demais sistemas e banco de dados em terra e interfaces com o usuário, para a introdução de novas plantas no DIA, tem custos baixos.

Um último ponto não menos importante, é a facilidade de abertura que o sistema DIA dá para projetos de inovação. Esta implementação permite uma porta de entrada, que favorecerá a geração de vários produtos de softwares, que podem ter uma grande importância estratégica para os campos de produção, incluindo principalmente os campos maduros.

6.1 Como ficou a parte offshore

Todo o processo de levantar um mapa de diagnóstico por camadas, depende fundamentalmente de poder monitorar os status dos elementos dessas camadas automaticamente. Monitorar por exemplo, integridade das camadas de mecânica e civil, exige um projeto específico de construção de sensores de monitoração. As camadas implantadas neste trabalho foram: supervisórios, PLCs, redes de campo e painéis remotos. Elas se aproveitaram diretamente da capacidade inerente que os PLCs e os Supervisórios tem de coletar esses dados. A instrumentação e redes de controle de supervisão, apesar de estarem presentes na implementação, somente foram incluídos poucos elementos. As camadas mais altas como monitoração de redes de automação, estações de trabalho e outras, podem ser anexadas automaticamente no sistema DIA, por uma futura adesão e adaptação do sistema existente chamado Zabbix, que já acompanha atualmente quase todas essas camadas superiores. O grupo de engenharia que coordena este sistema, sinalizou da possibilidade técnica de futura adesão deste sistema ao macro sistema DIA.

Algumas camadas mais baixas não foram implementadas. Essas camadas foram: civil, mecânica e elétrica. As camadas de civil e mecânica por serem engenharias específicas e mais segregadas da automação. Não é fácil, nem foi aprofundado neste trabalho, os modos de como obter diretamente status das suas condições de integridade e qualidade.

A camada de elétrica e um aprofundamento da instrumentação, apesar de já estar interligado ao projeto inicial, não foi realizado pela sua complexidade em relação ao prazo de apresentação destes trabalhos.

6.2 Como ficou a parte onshore

Por se tratar de um sistema muito grande, as partes referentes aos desenvolvimentos dos sistemas em terra, foram parcialmente implantados. O suficiente para mostrar as vantagens e utilidade do conceito generalista proposto de avaliação por camadas. Apesar de apresentar alguns resultados, suas arquiteturas não foram abordadas em profundidade. Mas a base montada, permite e sugere vários futuros desenvolvimentos de consolidação da ideia.

Em relação a malha longa, essa se limitou a disponibilizar a imensa base de dados em formato padrão para tratamento de futuras equipes.

Quanto as consultas por visões de especialização, melhoraram para os diagnósticos com mensagens padronizadas por camada.

Quanto aos índices de camadas de automação (ICA), foram efetivados de forma básica para os elementos e equipamentos existentes por camada. A disponibilidade apresentada é a operacional, não houve tempo de implementar todos os cálculos propostos neste trabalho.

6.3 Propostas para trabalhos futuros

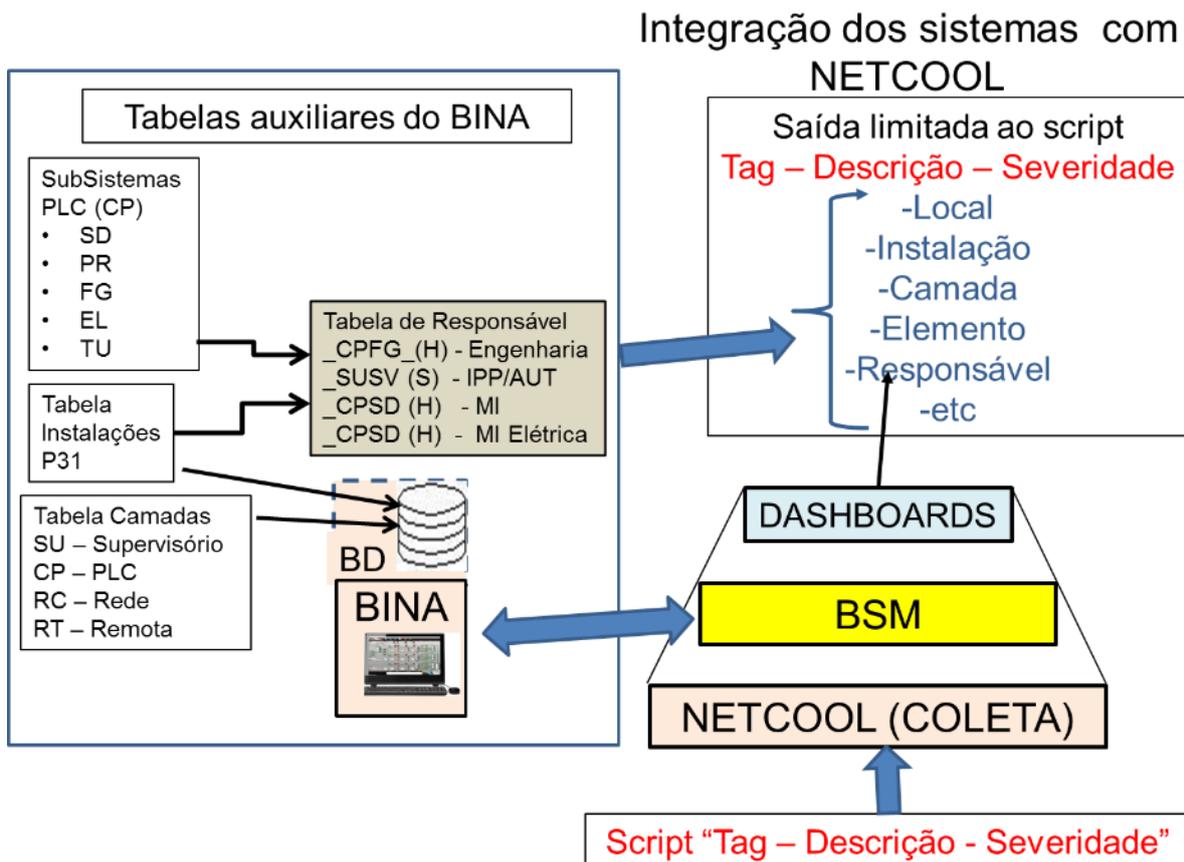
Ficaram para um segundo momento a integração das demais camadas de rede e equipamentos, já contemplados com a equipe do projeto Zabbix. Para isso é necessário padronizar os eventos gerados, dentro do formato adotado no projeto de *tag* padrão. Isso disponibilizará as demais camadas do sistema.

Também faltou avançar no desenvolvimento dos *tags* da camada de instrumentação. Cabe aqui, um projeto a parte para dar uniformidade as ações e resultados. Pode-se para esta camada, utilizar até

um gerenciador de ativos do próprio fabricante, todavia convertendo e padronizando as mensagens dos *tags* para o formato de *tag* padrão utilizado em terra.

O mesmo vale para o sistema elétrico.

Também é esperado no futuro, como subprojeto da Integração de Sistemas (InteSis), que uma equipe estude a integração dos bancos de dados BINA, historiador (PI), Zabbix e os Portais de Automação (Sharepoint). Consiste do estudo das interfaces de integração destes subsistemas e/ou outros. Um sistema existente de monitoração de redes corporativas chamado NetCool, se apresentava, no fechamento destes trabalhos, com grande potencial de absorver esta função de integração (figura 6.1).



.Figura 6.1 - Trabalhos futuros - Integração do Bina e Netcool.

Na parte do subsistema de interfaces com o usuário final, muito tem a avançar neste trabalho. Mas tanto para o PI como para o BINA, o que esses sistemas disponibilizam de ferramentas para interfaces para o usuário final, dão margens à diversas ideias. Novas implementações podem alavancar a formatação e entendimento destas informações, gerando relatórios melhores e uniformizados por especialidade. Existe uma ideia interna sendo trabalhada por alguns líderes na automação da companhia, de integrar também todas essas informações disponíveis e espalhadas, em um único sistema de telas, que seria chamado de supervisor de diagnóstico, ou de automação. Apesar de ser uma ideia com consequências positivas importantes, se trata de um simples conjunto de links, das informações organizadas em abas, com diferentes formatos para públicos diferentes. Tanto para o PI como para o BINA, esta interface com o usuário final, pode ser construída via um navegador qualquer. Pode-se então, cogitar também no futuro, na facilidade de gerar aplicativos específicos para tablets, smartphones ou equipamentos de vestir. É possível imaginar numa possibilidade real de um operador dentro de uma planta, ler os diagnósticos dos equipamentos, ao lado do equipamento, com toda a base de conhecimento construída corporativamente para este equipamento, disponível e organizada para ele (figura 6.2).

Supervisor de Diagnóstico

Item	Criticidade	Descrição	Check	Programado	Empregado	F. atualiza	Finalizar
10	1	Falha na Base 1 FEG Rank 1	<input type="checkbox"/>				
11	3	Falha na Resistencia FEG Rank2 No17	<input type="checkbox"/>				
12	3	Falha de Cabo CSD Rank4 No17	<input type="checkbox"/>				
13	5	Falha na Resistencia CSD Rank4 No13	<input type="checkbox"/>				
14	3	Falha na Resistencia CSD Rank7 No15	<input type="checkbox"/>				
15	3	Falha de Cabo CSD Rank4 No17	<input type="checkbox"/>				

Referencia	Descrição	Estado
3	Em processo de compra SEM 1123884	FE
10	Em processo de compra SEM 9010392	FE



Para qualquer interface como desktop, notebooks, tablets e smartphones.



Personalização das visões por grupo e usuário.



Figura 6.2 - Trabalhos futuros - Interfaces.

Estudos e realizações vindouras fazendo a integração dos índices por camada, por plataforma e até por unidade operacional, podem ser desenvolvidos a partir da base instalada. Várias metodologias existentes permitem fazer isso.

Ficou também para um projeto futuro, o desdobramento da malha longa, servindo o banco de dados gerado e já disponível para novas equipes, ainda não existentes, de engenheiros e estatísticos que podem minerar estes dados para obter informações para a engenharia de confiabilidade.

Pela utilização de um sistema aberto LAMP no BINA, haverá uma abertura para que determinadas pesquisas e inovações possam ser facilmente reproduzidas fora do ambiente de produção. Os dados com mensagens uniformes de diagnósticos que já estão sendo geradas, podem ser mais facilmente separadas por camadas de interesse, das demais informações sensíveis da empresa, para entrega e análise específicas fora do ambiente corporativo (figura 6.3).

Pela facilidade de reprodução do ambiente BINA, a empresa poderá, portanto, terceirizar ou utilizar de convênios acadêmicos para executar estas atividades, em algum momento futuro.

No caso do lado acadêmico, pode-se viabilizar quando for de interesse gerencial, convênios e parcerias com universidades e centros de pesquisas, através de programas de pesquisa e desenvolvimento apoiados pela ANP, como por exemplo, o programa Campos Digitais (proCaDi) existente atualmente entre a Petrobras e a UFBA.



Figura 6.3 - Trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

BISHOP NIKKI Improve reliability with essential asset monitoring [Artigo]// Intech, ISA.- 2012.

CHIARADIA ÁUREO JOSÉ PILLMANN UTILIZAÇÃO DO INDICADOR DE EFICIÊNCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTOS NA GESTÃO E MELHORIA CONTÍNUA DOS EQUIPAMENTOS: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA. - PORTO ALEGRE : [s.n.], 2004.

FICHMAN SÉRGIO AVALIAÇÃO COMPORTAMENTO REDE GENIUS REDUNDANTE EM CLP REDUNDANTE OCM DIFERENTES PARÂMETROS DE CONFIGURAÇÃO [Relatório].

GE FANUC AUTOMATION CPU INSTRUCTION SET [Livro]. - 2000.

GE FANUC AUTOMATION Guia de Referência Rápida da Série 90-70 para Manutenção e Localização de Falhas [Book]. - 1996.

GROOVER M P Automação Industrial e Sistemas de Manufatura [Livro]. - São Paulo : Ed. Pearson, 2011. - 3 ed..

IEC IEC61025 FAULT TREE ANALYSIS (FTA). - 2006b.

IEC IEC61078 Reliability block diagram and boolean methods. - 2006a.

MEC Portaria Normativa n. 7 de 22/06/2009 [Conferência]. - 2009.

MIRANDA LUIZ OTÁVIO TEO-Todo Espaço Online [Online]. - 2015. - 2015. - www.tutsup.com/2014/09/17/mvc-em-php-parte-1/.

NBR ISO NBR ISO 55.000. - 2014.

PACHECO L.A. G.C.A.D. [Relatório]. - 2011.

PETROBRAS CURSO BÁSICO DE VXL BUILD [Relatório]. - MACAÉ-RJ : [s.n.], 2004a.

PETROBRAS CURSO CLP 90-70 MODULO AVANÇADO [Relatório]. - MACAÉ - RJ : [s.n.], 2004b.

PETROBRAS DE-3010.19-5520-800-IES-001 REV E// PLATAFORMA PETROBRAS XIX P19 ARQUITETURA DE AUTOMAÇÃO, BARROS ENG. LUCIANO. - MACAÉ: [s.n.], 06 de 12 de 2004c.- pp. 1-5.

PETROBRAS DE-3010.23-1200-800-ATZ-001 REV M// ARQUITETURA DE AUTOMAÇÃO P25 CAMPO ALBACORA. - MACAÉ: [s.n.], 20 de 08 de 2006a.- pp. 1-5.

PETROBRAS DE-3010.29-5520-800-ATZ-002 REV A// PLATAFORMA PETROBRAS XXVI CAMPO MARLIM P26, BARROS ENG. LUCIANO.- MACAÉ: [s.n.], 02 de 08 de 2004d.- pp. 1-5.

PETROBRAS DE-3010.31-5520-800-CYK-001// ARQUITETURA DE AUTOMAÇÃO REDE GENIUS TG-514500 C/D, CARLOS ENG. EDMILSON. - MACAÉ: [s.n.], 31 de 10 de 2007a.- pp. 1-5.

PETROBRAS DE-3010.31-5520-800-PSE-001 REV.E// PLATAFORMA PETROBRAS P-31-ARQUITETURA DE AUTOMAÇÃO, BARROS ENG. LUCIANO. - MACAÉ: [s.n.], 19 de 06 de 2000.- pp. 1-5.

PETROBRAS DE-3010.31-8900-800-CYK-003// ARQUITETURA DE AUTOMAÇÃO REDE GENIUS, CARLOS ENG. EDMILSON. - MACAÉ: [s.n.], 19 de 02 de 2008.

PETROBRAS DE-3010.36-5520-800-ATZ-001// CAMPO DE MARLIM PLATAFORMA PETROBRAS XXXV ARQUITETURA DE AUTOMAÇÃO, BARROS ENG. LUCIANO. - MACAÉ: [s.n.], 05 de 06 de 2006b.

PETROBRAS DE-3010.40-5520-898-DIO-035 REV L// FPSO PETROBRAS P37 ARQUITETURA DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, CELSO.- MACAÉ: [s.n.], 28 de 02 de 1998a.- pp. 1-5.

PETROBRAS DE-3010.40-5520-898--DIR-001 REV K// MARLIM FIELD DEVELOPMENT PROGRAMABLE CONTROLLER GENERAL CONFIGURATION SYSTEM PROCESS, CELSO - MACAÉ: [s.n.], 25 de 02 de 1998b.- pp. 1-5.

PETROBRAS DE-3010.40-5520-898-DIR-002 REV L// MARLIM FIELD DEVELOPMENT PROGRAMABLE CONTROLLER GENERAL CONFIGURATION ESD. - MACAÉ: [s.n.], 25 de 02 de 1998c.- pp. 1-5.

PETROBRAS DE-3010.40-5520-898-DIR-003 REV M // MARLIM FIELD DEVELOPMENT PROGRAMABLE CONTROLLER GENERAL CONFIGURATION FIRE & GAS , CELSO. - MACAÉ : [s.n.], 25 de 02 de 1998d. - pp. 1-5.

PETROBRAS DE-3010.40-5520-898-DIR-004 REV N // MARLIM FIELD DEVELOPMENT PROGRAMABLE CONTROLLER GENERAL CONFIGURATION ELETRICAL , CELSO. - MACAÉ : [s.n.], 25 de 02 de 1998e. - pp. 1-5.

PETROBRAS DESENHO DE ARQUITETURA DE AUTOMAÇÃO [Relatório]. - MACAÉ-RJ : [s.n.], 2005.

PETROBRAS DIRETRIZES PARA ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE, DESENVOLVIMENTO DA ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO E DE INSPEÇÃO. - 2011.

PETROBRAS DIRETRIZES PARA PROJETOS DE INST. MARÍTIMAS DE PRODUÇÃO [Relatório]. - MACAÉ-RJ : [s.n.], 1993.

PETROBRAS DIRETRIZES PARA SISTEMAS DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO [Relatório]. - MACAÉ-RJ : [s.n.], 2012a.

PETROBRAS ECOS MANUTENÇÃO BÁSICA [Relatório]. - MACAÉ - RJ : [s.n.], 1998f.

PETROBRAS ET-3000.00-5520-850-PCI-001 Estação Central de Operação e Supervisão - ECOS [Relatório]. - MACAÉ-RJ : [s.n.], 2001a.

PETROBRAS FILOSOFIA DE SEGURANÇA PARA UNIDADES MARÍTIMAS DE PRODUÇÃO [Relatório]. - MACAÉ-RJ : [s.n.], 2001b.

PETROBRAS MANUAL DE CONFIGURAÇÃO DE ALARMES PARA VXL [Livro]. - 2006c.

PETROBRAS N-2781 Técnicas Aplicáveis à Engenharia de Confiabilidade / Ed. CONTEC. - 2012b.

PETROBRAS N-2782 Técnicas Aplicáveis à Análise de Riscos Industriais / Ed. CONTEC. - 2010a.

PETROBRAS N-2784 CONFIABILIDADE E ANÁLISE DE RISCOS / Ed. CONTEC. - 2010b.

PETROBRAS SEGURANÇA EM SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL [Relatório]. - MACAÉ-RJ : [s.n.], 2007b.

PETROBRAS VXL CONFIGURATION STANDARDIZATION - ECOS [Book]. - 2001.

SILVA LAYLA DUANA DOS SANTOS e RESENDE ANDRÉ ALVES DE Manutenção Produtiva Total (TPM) Como Ferramenta para melhoria da Eficiência Global de Equipamento (OEE) [Conferência] // XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. - Salvador : [s.n.], 2013.

THOMAS JOSÉ EDUARDO Fundamentos da Engenharia de Petróleo [Livro]. - [s.l.] : Editora Interciência, 2004. - 2.. - ISBN 9788571930995.

WIKIPÉDIA Digital Equipment Corporation [Online]. - Wikipédia. - 10 de 11 de 2014. - http://pt.wikipedia.org/wiki/Digital_Equipment_Corporation.

APÊNDICE A - Agente no PLC

Será relatado a arquitetura dos programas de baixo nível, aqui chamados agentes, que foram construídos para PLCs do fabricante GEFanuc modelo 9070, com rede de automação de campo proprietária chamada de blocos Genius.

Foi projetado para sistemas com até 12 redes para cada conjunto de PLCs redundantes. Esse limite de 12 redes, foi o estabelecido para a construção das bases de dados para os agentes de diagnósticos desses PLCs. Este trabalho teve três vertentes. O primeiro foi a padronização das mensagens. O segundo, a padronização do layout das telas. O terceiro foi o de reaproveitamento quase integral, do código do agente para os demais sistemas e plataformas semelhantes. Isso forçou a construir um projeto de software destes agentes onde pudessem minimizar suas alterações, mesmo implantando em plataformas com arquiteturas muito diferentes. Essas diferenças de arquiteturas eram referentes ao número e tipos de pontos de I/O, porque como foi descrito neste trabalho, existem diferentes tipos de plataformas e projetos de planta. Para esse objetivo, todas as diferenças de arquitetura entre as plataformas, foram incluídas em um único bloco em programação ladder, facilmente configurável.

Foram utilizados blocos de programas com os recursos mais avançados disponíveis nestes tipos de sistemas. Os blocos tiveram entradas e saídas bem definidas. Várias dificuldades conhecidas, foram tratadas no uso dos recursos nestes sistemas antigos (Fichman, 2009). Inclusive bugs internos dos equipamentos.

Duas técnicas de programação foram a base para permitir esta construção. A primeira foi o uso de blocos de funções. O sistema de baixo nível tem ao todo 4 blocos.

Bloco D_INI – é o bloco onde são descritos a configuração da arquitetura. Esta arquitetura se refere a: configuração dos equipamentos PLC, quantidade de redes, quantidade de blocos Genius, sua topologia, se são redundantes e dos canais de comunicação entre estes sistemas.

Estas configurações se referem a cada PLC e redes. Uma para o processo, outra para a elétrica, outra para o sistema fogo e gás, segurança e turret. Esta configuração no que se refere a rede, consiste de quantas redes esse PLC tem e quantos blocos tem cada rede. No caso da rede de blocos Genius, se a rede for redundante é preciso definir cada subsegmento e quem são os seus elementos de troca de redundância. Esse elemento de troca de redundância de rede é chamado de BSM (Bus Switch Module). Além disso tem também configurações específicas de hardware como em quais slots estão cada uma das redes, qual é o PLC principal e o secundário além de outras configurações. São muitos dados para colocar em um único bloco de programação de baixo nível.

O bloco D_GER – é o bloco principal do agente. Ele executa a cada rodada do PLC (ciclo), um teste minucioso de todas as funções de rede disponíveis, sinaliza os status para as telas do supervisor, emite os eventos e alarmes e guarda estes resultados para avaliação no ciclo seguinte.

O bloco D_CLP – Faz um teste nas funções exclusivas de dentro do PLC, como bateria, memória cheia e outras. Verifica tudo, emite sinais de animação das telas e envia os eventos e alarmes a cada ciclo.

O bloco D_BSM – Foi introduzido exclusivamente nestas redes de blocos Genius, para fazer testes na rede, já que estes sistemas, diferentemente dos mais modernos, não faz testes dele mesmo sozinho. Este bloco permitiu que as equipes de bordo pudessem fazer testes semanais de avaliação do estado das redes e providenciar o tratamento se detectado algum problema.

Para que todos esses blocos funcionem com qualquer plataforma, um projeto genérico de dados de entrada e saída precisou ser construído de forma que fosse totalmente parametrizado.

Para que estes blocos funcionassem com qualquer quantidade de redes, número de blocos e arquiteturas de PLCs, uma estrutura de ponteiros e tabelas teve de ser projetada e construída. Ela está retratada no projeto da base de dados (figura A.1).

Tabelas completas genéricas, foram montadas com ponteiros que são carregados nos blocos, trabalhados logicamente por esses e depois retornado para suas áreas de memória para aguardar o próximo ciclo de tratamento. A partir dessa abordagem, de loop de testes controlados por indexadores, somente foi necessário passar a arquitetura que cada sistema tinha.

A base de dados também foi dividida em interna, somente utilizada pelo ladder e externa que faz toda a comunicação com o supervisor.

A base de dados externa está apresentada na figura a seguir.

Memoria Global (%R)									
X[1]					Endereço				
+	Ponteiro	Inicio	Final	Words	Nome	Descricao	101	101	TAM
0	POF	1	1	1	xPOF	End offset (inicio % R memoria)	101	101	xPOF
1	RIN	2	2	1	xRIN	Rede Inicial (primeira rede do PLC)	102	102	[101]
2	RFI	3	3	1	xRFI	Rede Final (ultima rede do PLC)	103	103	
3	IAG	4	5	2	xIAG	Arquitetura Redes GLOBAL (Racks e Slots)	104	104	
5	IAQ	6	6	1	xIAQ	End Inicio Tab.Arquitetura (12words)	106	106	xIAQ 45
6	TAQ	7	18	12	xTAQ	Tab Arquitetura Redes Racks e Slots	107	107	[107]
18	IMB	19	19	1	xIMB	End. inicio Tab Mascara dos blocos da rede	119	119	xIMB
19	TMB	20	43	24	xTMB	Tab Mascara dos blocos da rede	120	120	[120]
43	WTM	44	44	1	xWTM	WatchDog Tempo limite (limite 32768)	144	144	
44	xCDT	45	45	1	xCDT	Offset %R (8) do COMMREQ	145	145	
45	SWB	46	46	1	xSWB	Comutacao do BSM	146	146	
46	GAT	47	47	1	xGAT	Bits de gatilho (Comuta BSM)	147	147	
47	MSG	48	48	1	xMSG	Mensagem BSM	148	148	
Modelo da tabela de dados do projeto de ladder									
78	BSG	79	79	1	xBSG	BSM Contador Swtch Total (bons e ruins)	179	179	
79	CMD	80	82	3	xCMD	Comandos do bloco	180	180	
82	RTR	83	86	4	xRTR	Return da função	183	183	
86	RGL	87	88	2	xRGL	Falhas das Globais	187	187	13
88	RG2	89	90	2	xRG2	Falhas das Globais RG2	189	189	
90	DCP	91	92	2	xDCP	Resumo das falhas do CLP	191	191	
92	PRT	93	93	1	xPRT	End offset (inicio % R memoria)	193	193	xPRT

Figura A.1 - Base de dados utilizada na construção do agente.

Foi garantido que a quantidade de bytes utilizado na implantação do agente, estavam disponíveis e não eram utilizados na memória do PLC pelos outros programas em operação.

Os blocos são conjuntos de linhas de código de programação em ladder, agrupados como uma única função. Pode conter parâmetros de entrada e/ou de saída.

Toda a programação incluída nos agentes implantados se resumiu no final a 4 blocos. Isso encapsula todo o código, não interferindo com as linhas de comando já existentes nas plataformas em produção.

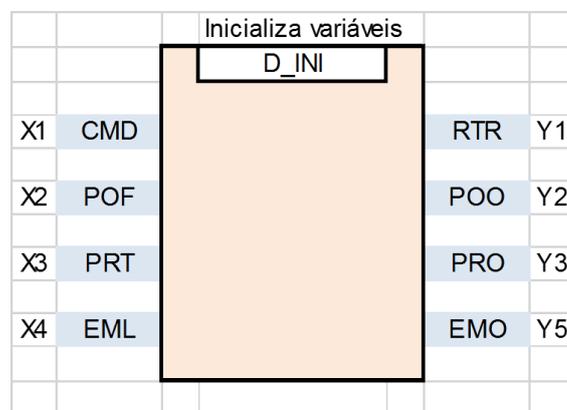


Figura A.2 - Bloco de inicialização onde fica descrita toda a arquitetura da plataforma e configuração dos equipamentos.

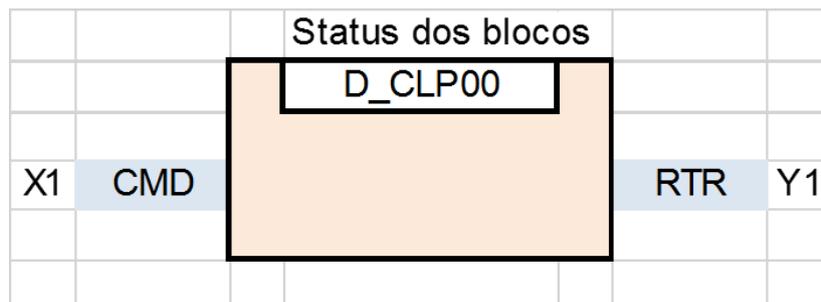


Figura A.3 - Bloco de teste das funções internas do PLC.

Este sistema contém comandos bastante sofisticados, que recebe um comando de comutação de rede redundante de bloco Genius para teste (GE FANUC AUTOMATION, 2000).

Os PLCs da GEFanuc, permitem que você exporte um bloco para um programa em operação, sem necessitar parar a execução do programa.

Os programas dos agentes desenvolvidos somente monitoram os sistemas, ou seja, não enviam comandos para a planta.

Com a utilização de uma área de memória de 200 words, que não estava sendo utilizada, mais o recurso de exportação para dentro do PLC de programas em blocos fechados, você pode garantir a segurança da implantação sem parada de planta.

APÊNDICE B - Ferramenta GeraRDO

Para manipular um volume grande de eventos que precisariam ser inseridos nos supervisórios em VXL, uma ferramenta chamada GeraRDO, foi construída. Consiste de um procedimento juntamente com um programa desenvolvido em Basic. A arquitetura do sistema está na figura B.1. Foi escolhido programa em Basic pela facilidade de utilização no ambiente Windows. O programa tem a função de partindo de dados de uma planilha Excel previamente formatada, construir um arquivo de comandos em VMS com esses mesmos dados, para dar entrada na base de dados RDB do VXL/VMS.

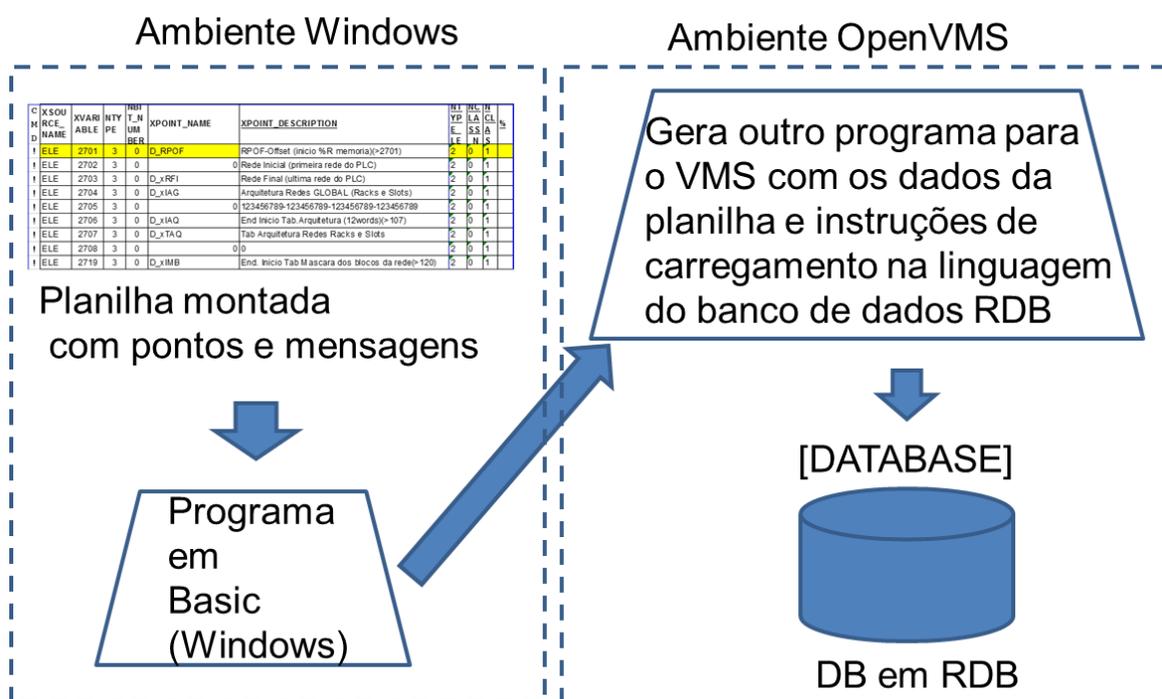


Figura B.1 - Procedimento para montar e carregar a quantidade de novos eventos gerados.

Ele gera um arquivo de comandos em DCL/RDO, com extensão **.com**, que conforme opção, pode incluir, alterar ou apagar os dados de qualquer das tabelas da base de dados especificada.

A formatação da extensa lista de dados de entrada, é feita em tabelas construídas em Excel e salvas em formato específico.

A planilha construída em Excel, aceita na primeira coluna chamada CMD, alguns comandos por linha como:

\$ - Incluir a linha descrita na planilha na base de dados RDB;

! - Linha de comentário (ignorar linha);

O comando tem efeito na linha da planilha em que se encontra.

A planilha construída em Excel, precisa ter o cabeçalho com os nomes exatos dos campos das tabelas que deseja se trabalhar no Rdb. Para indicar o tipo de campo da tabela, deve-se iniciar esses cabeçalhos com os símbolos:

X se for campo alfanumérico;

N se for campo numérico;

% na linha ou coluna, despreza o resto (ignora as linhas ou colunas seguintes).

Alguns exemplos de planilhas construídas para enviar a massa de dados, constando dos pontos de memória e descrição dos eventos para dentro do supervisor VXL.

C M D	XSOURCE_NAME	XVARIABLE	NTYPE	NBITUMBER	XPOINT_NAME	XPOINT_DESCRIPTION	INTYPE	NCSS	NCLAS	%
!	ELE	2701	3	0	D_RPOF	RPOF-Offset (inicio %R memoria)(>2701)	2	0	1	
!	ELE	2702	3	0	0	Rede Inicial (primeira rede do PLC)	2	0	1	
!	ELE	2703	3	0	D_xRFI	Rede Final (ultima rede do PLC)	2	0	1	
!	ELE	2704	3	0	D_xIAG	Arquitetura Redes GLOBAL (Racks e Slots)	2	0	1	
!	ELE	2705	3	0	0	123456789-123456789-123456789-123456789	2	0	1	
!	ELE	2706	3	0	D_xIAQ	End Inicio Tab.Arquitetura (12words)(>107)	2	0	1	
!	ELE	2707	3	0	D_xTAQ	Tab Arquitetura Redes Racks e Slots	2	0	1	
!	ELE	2708	3	0	0	0	2	0	1	
!	ELE	2719	3	0	D_xIMB	End. Inicio Tab Mascara dos blocos da rede(>120)	2	0	1	

Figura B.2 - Planilha com os nomes dos pontos de memória no PLC e VXL.

C M D	XALARM_NAME	XPRIORITY_NAME	XALARM_TYPE	XSOURCE_NAME	XPOINT_NAME	XLOGGING_GROUP_NAME	XALARM_DESCRIPTION_NAME	NPOLARITY	%
!	D_RPOF	PRIORITY_10	D	ELE	D_RPOF	ALARMES	D_RPOF	1	
!		PRIORITY_10	D	ELE	0	ALARMES	0	1	
!	DxRFI	PRIORITY_10	D	ELE	D_xRFI	ALARMES	DxRFI	1	
!	D_xIAG	PRIORITY_10	D	ELE	D_xIAG	ALARMES	D_xIAG	1	
!		PRIORITY_10	D	ELE	0	ALARMES	0	1	
!	D_xIAQ	PRIORITY_10	D	ELE	D_xIAQ	ALARMES	D_xIAQ	1	
!	D_xTAQ	PRIORITY_10	D	ELE	D_xTAQ	ALARMES	D_xTAQ	1	
!	0	PRIORITY_10	D	ELE	0	ALARMES	0	1	
!	D_xIMB	PRIORITY_10	D	ELE	D_xIMB	ALARMES	D_xIMB	1	

Figura B.3 - Planilha com o nome dos alarmes a serem gerados.

C M D	XALARM_DESCRIPTION_NAME	NFIELD_TYPE_1	XSOURCE_NAME_1	XTEXT_CONSTANT_1	XPOINT_NAME_1	NFIELD_TYPE_2	XSOURCE_NAME_2	XTEXT_CONSTANT_2	XPOINT_NAME_2	NFIELD_TYPE_3	XSOURCE_NAME_3	XTEXT_CONSTANT_3	XPOINT_NAME_3	%
!	D_RPOF	1		RPOF-Offset (inicio %R memoria)(>2701)		2	ELE		D_RPOF					
!	0	1		Rede Inicial (primeira rede do PLC)										
!	DxRFI	1		Rede Final (ultima rede do PLC)										
!	D_xIAG	1		Arquitetura Redes GLOBAL (Racks e Slots)										
!	0	1		123456789-123456789-123456789-123456789										
!	D_xIAQ	1		End Inicio Tab.Arquitetura (12words)(>107)										
!	D_xTAQ	1		Tab Arquitetura Redes Racks e Slots										
!	0	1		0										
!	D_xIMB	1		End. Inicio Tab Mascara dos blocos da rede(>120)										

Figura B.4 - Tabela de descrição dos nomes.

C M D	XALARM_GROUP_NAME	NALARM_GROUP_CATEGORY	XALARM_GROUP_MEMBER_NAME	%
!	MANUT	0	D_RPOF	
!	MANUT	0	0	
!	MANUT	0	DxRFI	
!	MANUT	0	D_xIAG	
!	MANUT	0	0	

Figura B.5 - Tabela de construção do grupo MANUT (Manutenção).

APÊNDICE C - KitPic

No supervisorio do VXL/OpenVms, a estrutura de desenvolvimento é montada em dois grandes diretórios. Um diretório que fica com a base de dados do projeto do supervisorio e um diretório onde ficam todas as telas desenvolvidas para a aplicação.

Todas as telas com seus objetos e animações estão nos arquivos que tem nomes com extensão .pic.

Depois que os programadores montam todas as telas da aplicação, o sistema todo passa por um processo de montagem do executável consistindo de uma compilação e uma linkagem geral. Os erros se existirem, são apresentados em mensagens de erro nesse processo. Depois de todos os erros corrigidos, a aplicação está pronta para ser implantada.

Para permitir a padronização do layout das novas telas de diagnóstico dos supervisorios e também para facilitar os seus desenvolvimentos e construções, foram desenvolvidos um conjunto de telas modelos que foram denominadas de KitPics. Seria o kit básico de telas para montagem dos arquivos .pic.

Estas telas contém toda a navegação, desenhos de símbolos de diagnósticos, as redes, animações e objetos básicos para montar a arquitetura de uma plataforma.

Estes modelos de telas simplificaram a padronização do layout das telas sinópticas e são apresentados a seguir:



Figura C.1 - Tela do conjunto KitPic que mostra o estado geral do sistema.

Tela geral que indica o estado das variáveis de comunicação entre os sistemas. É um diagnóstico específico para indicar a comunicação redundante entre os sistemas de PLCs, para fabricante GEFanuc. Outros fabricantes não são iguais, mas semelhantes.



Figura C.2 - Tela padrão de informações sobre o estado das comunicações entre os sistemas.



Figura C.3 - Tela para verificação do estado da rede secundária.

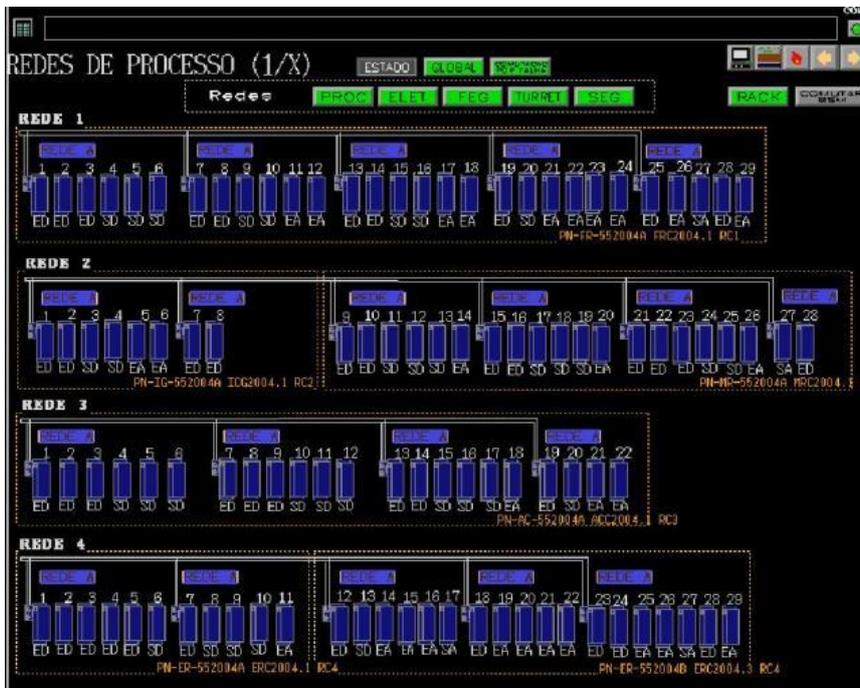


Figura C.4 - Tela para montagem da monitoração dos blocos Genius.

APÊNDICE D – Painel de Diagnóstico no PI

Esta seção apresenta as telas do Painel de Diagnóstico em desenvolvimento, feitas até o presente momento, que pode ser acessado em ambiente corporativo pelo software PI.

Há duas vertentes de informações nesse painel que visam atender as malhas rápida, média e longa a saber:

- i. Monitoramento: informações em tempo real dos equipamentos, apresentadas nas camadas que compõe o sistema de automação;
- ii. Relatórios: mostra informações depuradas e estatísticas sobre os equipamentos e pretendem fornecer conhecimento ao longo do tempo acerca do sistema.

A seguir são apresentadas as telas em construção:

- a) Tela inicial do Painel: fornece uma visão geral do estado das plataformas e acesso às telas específicas;

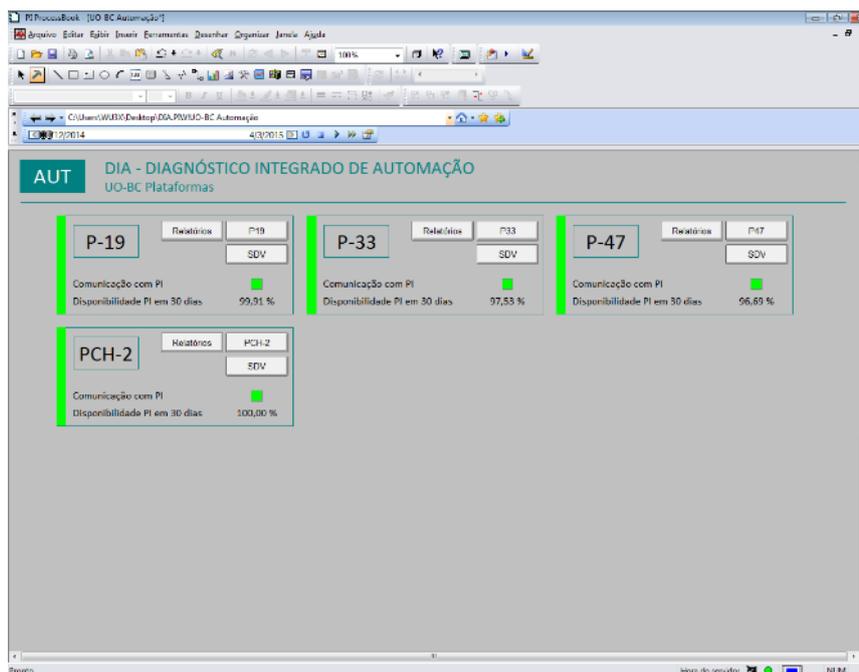


Figura D.1 - Tela inicial do Painel DIA no PI.

- b) Tela de Monitoramento do sistema de automação: mostra no lado esquerdo o monitoramento do sistema, separado em camadas; à direita fornece informações depuradas básicas acerca desse sistema;

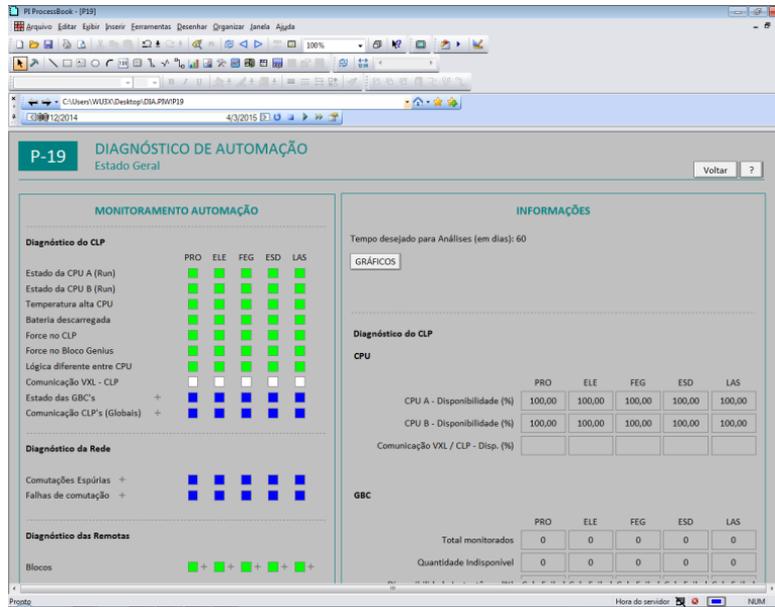


Figura D.2 - Tela de monitoramento do sistema de automação.

- c) Tela de Estado das GBCs: tela complementar ao monitoramento, fornece o estado dos cartões controladores da rede de campo (GBC). É uma tela específica para PLC GEFanuc e atende a malha rápida.

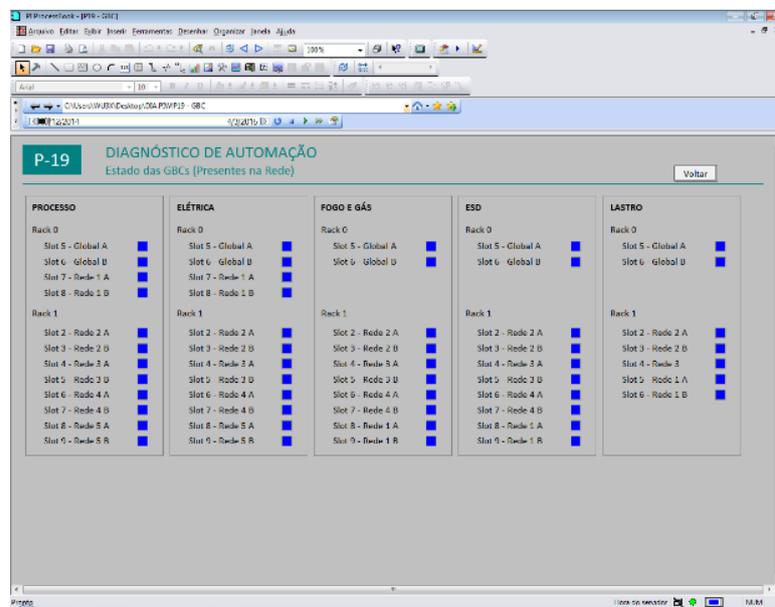


Figura D.3 - Tela de estado do sistema redundante que está como secundário (GBC).

- d) Tela das Globais: complementar ao monitoramento, mostra o estado das comunicações entre os CLPs GEFanuc –chamada de comunicações globais. Atende a malha rápida;

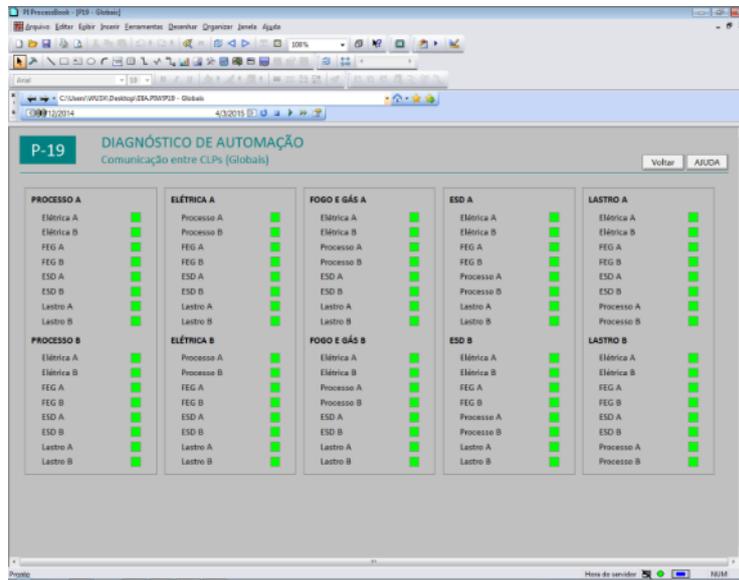


Figura D.4 - Tela de comunicação entre os sistemas (globais).

- e) Tela de falhas de comutação: complementar ao monitoramento, mostra quando falha uma tentativa de chaveamento de rede Genius;

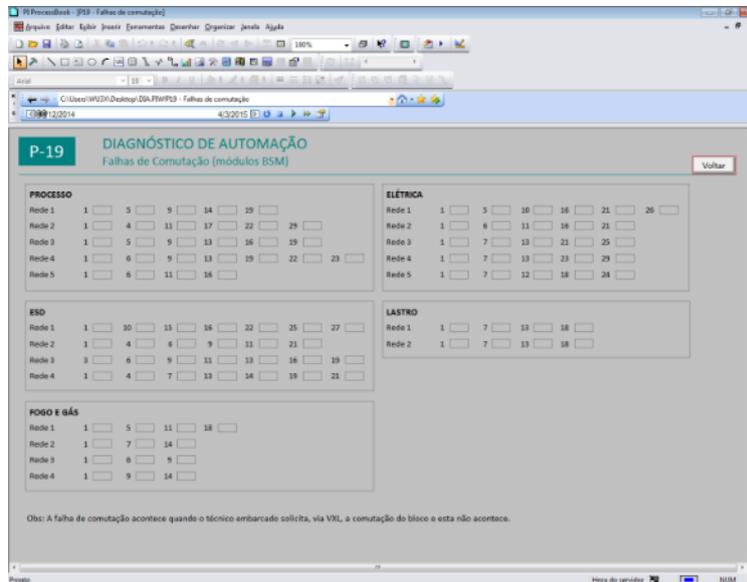


Figura D.5 - Tela de falhas de comutação de redes redundantes.

- f) Telas de Rede de Campo: complementar ao monitoramento, mostra o estado de cada bloco de remota das redes de campo e qual a rede está sendo utilizada em cada seguimento;

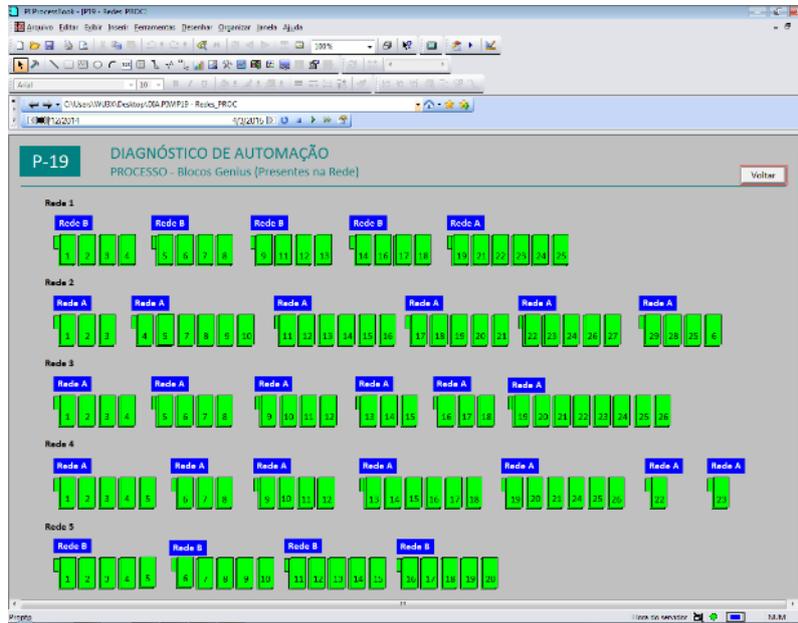


Figura D.6 - Tela de rede de campo. Monitora os blocos na rede.

- g) Telas de gráficos: apresenta de forma prática os gráficos das variáveis mais utilizadas;

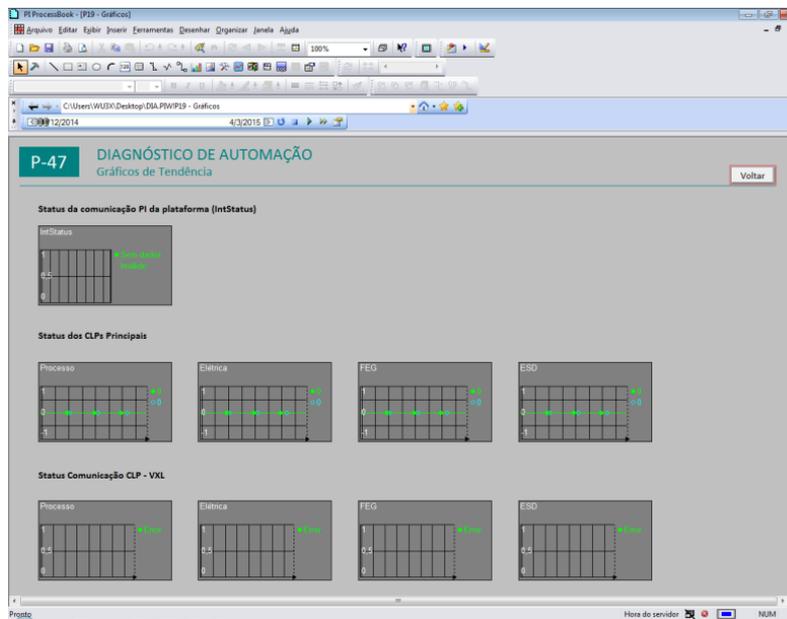


Figura D.7 - Tela dos principais gráficos.

APÊNDICE E - BINA

Exemplos de telas de consulta do BINA



Figura E.1 - Tela Inicial de consulta da BINA.

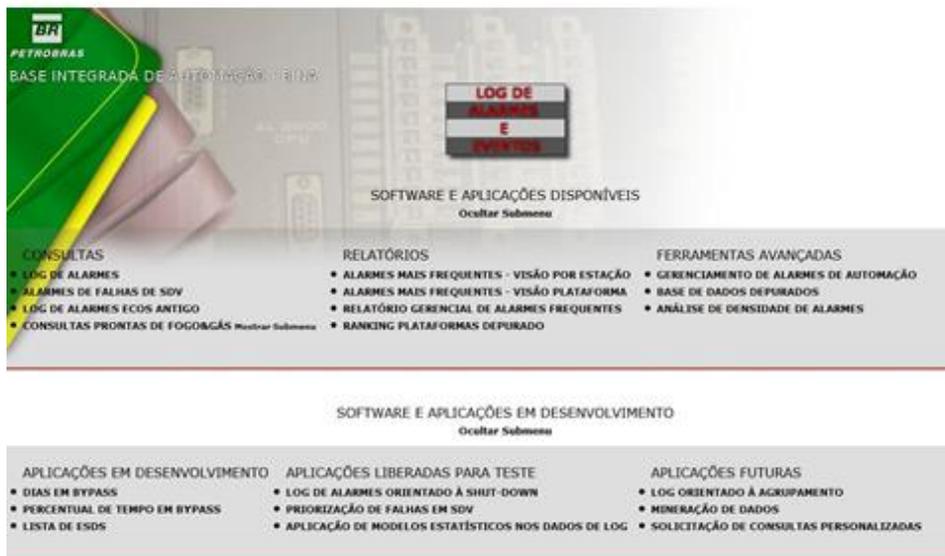


Figura E.2 - Tela Inicial com principais menus de consulta abertos

Consulta por CP na P-31

UO-BC/IPP/AUT: HISTÓRICO DE ALARMES E COMANDOS

usu: P-31

Visualizar gráfico de estatísticas.
Isso aumentará um pouco o tempo de processamento da interface.

Data Inicial: 2015-01-01 00:00:00 Data Final: 2015-03-30 23:59:59

Prioridade: Estação: I01p31 TAG Name: ^D_CP* Tipo de TAG: Descrição: Tipo de Evento:

User Removido Regular User Removido Regular

INFORMAÇÕES DOS CAMPOS DE PESQUISA

Data Inicial: 2015-01-01 00:00:00
Data Final: 2015-03-30 23:59:59
Estação: I01p31
TAG Name: ^D_CP*

EVENTOS E COMANDOS

2015-01-02 15:47:25	10	I01P31	D_CPFG_FCBCPU	EVT	EXISTE FORÇA NO PLC DE FOGOGIGAS	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-06 17:43:51	10	I01P31	D_CPRR_RSTPLCP	EVT	EXISTE FORÇA NO BLOCO DE PROCESSO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-07 09:53:16	10	I01P31	D_CPRR_RSTPLCP	EVT	EXISTE FORÇA NO BLOCO DE PROCESSO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-08 21:48:27	10	I01P31	D_CPRR_RSTPLCP	EVT	EXISTE FORÇA NO BLOCO DE PROCESSO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-09 17:27:54	10	I01P31	D_CPES_FCBCPU	EVT	EXISTE FORÇA NO PLC DE SHUTDOWN	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-09 17:29:44	10	I01P31	D_CPES_FCBCPU	EVT	EXISTE FORÇA NO PLC DE SHUTDOWN	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-13 14:39:41	10	I01P31	D_CPEL_RSTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS CRUZO DE PLC ELET	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-14 16:31:44	10	I01P31	D_CPRR_FCBCPU	EVT	EXISTE FORÇA NO PLC DE PROCESSO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-16 02:30:24	10	I01P31	D_CPES_RSTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS DE BLOCOS DE PLC ESO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-16 02:37:24	10	I01P31	D_CPEL_RSTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS CRUZO DE PLC ELET	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-16 03:07:25	10	I01P31	D_CPES_RSTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS DE BLOCOS DE PLC ESO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-16 03:38:25	10	I01P31	D_CPES_RSTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS DE BLOCOS DE PLC ESO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-17 12:59:15	10	I01P31	D_CPFG_CFBOPF	EVT	PLC B FOGOGIGAS OFFLINE	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-19 20:08:58	10	I01P31	D_CPES_RSTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS DE BLOCOS DE PLC ESO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-19 20:13:48	10	I01P31	D_CPRR_RSTPLCP	EVT	EXISTE FORÇA NO BLOCO DE PROCESSO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-24 15:12:45	10	I01P31	D_CPTU_RSTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS CRUZO DE PLC TURRET	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-27 05:31:10	10	I01P31	D_CPTU_CFMASST	EVT	PLC A TURRET MASTER	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-27 15:43:19	10	I01P31	D_CPTU_CFMOPF	EVT	PLC A TURRET OFFLINE	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-27 15:43:49	10	I01P31	D_CPTU_CFMASST	EVT	PLC B TURRET MASTER	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-27 15:43:59	10	I01P31	D_CPTU_CFMOPF	EVT	PLC A TURRET OFFLINE	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-27 18:17:40	10	I01P31	D_CPRR_RSTPLCP	EVT	EXISTE FORÇA NO BLOCO DE PROCESSO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-29 12:36:38	10	I01P31	D_CPRR_FCBCPU	EVT	EXISTE FORÇA NO PLC DE PROCESSO	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI
2015-01-31 15:24:23	10	I01P31	D_CPEL_RSTPLCP	EVT	RESET TAB FALHAS CRUZO DE PLC ELET	FORA_DE_ALARME	FORA_DE_ALARI

Figura E.3 - Consulta por camada de PLC de uma plataforma.

