

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 646

**GERENCIAMENTO DE ALARMES EM PLANTAS INDUSTRIAIS: CONCEITOS,
NORMAS E ESTUDO DE CASO EM UM FORNO DE REAQUECIMENTO DE
BLOCOS**

Estevão Veloso Araújo

DATA DA DEFESA: 03/12/2010

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

**GERENCIAMENTO DE ALARMES EM PLANTAS INDUSTRIAIS:
CONCEITOS, NORMAS E ESTUDO DE CASO EM UM FORNO DE
REaquecimento DE BLOCOS**

Estevão Veloso Araújo

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Orientadora: Profa. Carmela Maria Polito Braga

Belo Horizonte - MG

Dezembro de 2010

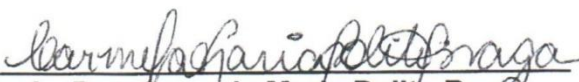
**"Gerenciamento de Alarmes Em Plantas Industriais:
Conceitos, Normas e Estudo de Caso Em Um Forno
de Reaquecimento de Blocos"**

Estevão Veloso Araújo

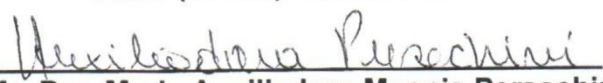
Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 03 de dezembro de 2010.

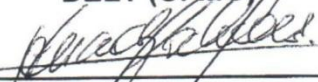
Por:



Profa. Dra. Carmela Maria Polito Braga
DELT (UFMG) - Orientadora



Profa. Dra. Maria Auxiliadora Muanis Persechini
DELT (UFMG)



Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures
CCET (PUC/Para)

*Courage is what it takes to stand up and speak;
courage is also what it takes to sit down and listen.*

Winston Churchill

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à Deus por mais esta vitória.

Aos meus pais por todos os valores passados.

À prof^a. Carmela pela orientação prestada.

Ao Alan e ao Wellington pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

E, finalmente, agradeço à UFMG pela qualidade de ensino prestado.

Resumo

Estudos de organizações voltadas para segurança operacional, redução de impacto ambiental e bem estar do operador, mostram que os sistemas de alarmes em diversos setores industriais não exercem sua função adequadamente, uma vez que a operação é sobrecarregada com o grande número de alarmes gerados em situações de distúrbio e, até mesmo, durante condições estáveis da planta. Tais sistemas podem ser otimizados e aprimorados por meio do uso de processos e práticas de gerenciamento de alarmes, cuja função é documentar, projetar, monitorar e prover a melhoria contínua dos sistemas de alarmes. Neste trabalho são apresentados os padrões mais relevantes que tratam do assunto, dentre eles a EEMUA 191 e a ISA 18.2, e são analisados os principais problemas e soluções em gerenciamento de alarmes. Um estudo de caso em uma indústria siderúrgica é realizado. A metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho é baseada no ciclo de vida de gerenciamento de alarmes proposto pela ISA 18.2 e, de forma a possibilitar o monitoramento da saúde do sistema de alarme em estudo, é desenvolvido um aplicativo na linguagem de programação Visual Basic integrado com o sistema de supervisão da planta. São utilizados os índices de desempenho determinados pela EEMUA 191. O resultado do trabalho comprova a eficiência do gerenciamento do sistema de alarme em estudo e possibilita sua manutenção e melhoria contínua.

Abstract

Studies of organizations concerned about operational safety, reduce environmental impact and welfare of the operator, show that the alarm systems in many industrial sectors do not perform their function adequately, since the operation is overloaded with a large number of alarms generated during upsets and even during stable conditions of the plant. Such systems can be optimized and improved through the alarm management, whose function is to document, design, monitor and provide continuous improvement of alarm systems. This work presents the most relevant standards in alarm management, including the EEMUA 191 and ISA 18.2, and analyzes the main problems and solutions in alarm management. A case study in a steel industry is presented. The methodology applied is based on the alarm management lifecycle proposed by ISA 18.2 and, to enable the monitoring of the alarm system health under study, it's developed an application in the Visual Basic language integrated with the supervisory system of the plant. The key performance index proposed by EEMUA 191 are used. The result obtained proves the efficiency of managing the alarm system under study and make possible the maintenance and the continuous improvement.

Sumário

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Sumário	iv
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	ix
Lista de Abreviações	x
INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos e contribuições	3
1.2 Organização do texto	4
GERENCIAMENTO DE ALARMES	5
2.1 Definição	6
2.2 História	8
2.3 Principais problemas nos sistemas e no gerenciamento de alarmes	9
2.4 Sistemas de alarme <i>versus</i> operador	11
2.5 Principais publicações e organizações em gerenciamento de alarmes	15
2.5.1 EEMUA 191	16
2.5.2 ISA 18.2	20
2.5.3 NAMUR NA 102	25
2.5.4 ASM – Consórcio de Gerenciamento de Situações Anormais	25
2.5.6 HSE – Órgão Executivo de Saúde e Segurança	27
2.6 O gerenciamento de alarmes nos diferentes tipos de indústrias	28
2.7 O Estado da arte no gerenciamento de alarmes	30

2.8 Comentários Finais	33
GERENCIAMENTO DE ALARMES NO FORNO DE REAQUECIMENTO DE BLOCOS	34
3.1 Metodologia.....	36
3.2 Filosofia de alarmes	36
3.3 Avaliação Inicial	37
3.3.1 Número de alarmes por dia.....	38
3.3.2 Taxa de pico de alarmes	40
3.3.3 Percentual de instabilidade	40
3.3.4 Distribuição de prioridades.....	41
3.3.5 Duração de alarmes	41
3.3.6 Alarmes mais frequentes.....	43
3.3.7 Alarmes ruidosos (<i>bad actors</i>)	46
3.3.8 Enxurrada de alarmes (<i>flooding</i>).....	46
3.3.9 Diagnóstico do sistema de alarme	47
3.4 Gerenciamento de mudanças	51
3.5 Identificação e Racionalização.....	51
3.5.1 Análise dos alarmes ruidosos	53
3.5.2 Priorização de alarmes.....	55
3.6 Projeto	57
3.6.1 Tabela de supressão de alarmes	58
3.6.2 Integração do sistema de supervisão com o aplicativo desenvolvido	58
3.7 Implementação.....	62
3.8 Comentários finais	63
RESULTADOS	64
4.1 Avaliação Final.....	65
4.1.1 Número de alarmes por dia.....	65
4.1.2 Taxa de pico de alarmes	66
4.1.2 Percentual de instabilidade	67
4.1.3 Distribuição de prioridades.....	67
4.2 Diagnóstico final do sistema de alarme do forno	68
4.3 Oportunidades de melhoria	70
4.4 Comentários finais	72

CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE CONTINUIDADE	73
5.1 Conclusões.....	73
5.2 Propostas de continuidade.....	74
Documento de Filosofia de Alarmes.....	76
Projeto de HMI	79
B.1 Sumário de alarmes.....	79
B.2 Estatística de alarmes	80
B.3 Distribuição por área e frequência de alarmes.....	81
B.4 Tela de supressão de alarmes	82
Referências Bibliográficas	83

Lista de Figuras

Figura 1 - Evolução do número de alarmes por operador. Adaptado de [Habibi et al., 2006]	2
Figura 2 - Camadas de proteção. Adaptado de [Hatch et al., 2009].....	11
Figura 3 - Distribuição dos motivos de falhas na indústria. Adaptado de [Honeywell, 2004]	13
Figura 4 - Motivos de falhas humanas. Adaptado de [HSE, 1999]	13
Figura 5 - O papel do operador em situações anormais. Adaptado de [EEMUA, 2007]	18
Figura 6 - Ciclo de vida do Gerenciamento de alarmes. Adaptado de [ANSI/ISA, 2009]	21
Figura 7 - Arquitetura de Automação do forno de reaquecimento de blocos.	35
Figura 8 - Fluxo de atividades do gerenciamento de alarmes implementado baseado na ISA 18.2.	36
Figura 9 - Número de alarmes por dia.....	39
Figura 10 - Número de alarmes por dia por sistema.	39
Figura 11 - Percentual de instabilidade.	41
Figura 12 - Alarmes com duração inferior a 5 segundos.....	42
Figura 13 - Alarmes com duração superior à 1 hora	43
Figura 14 - Alarmes mais frequentes	44
Figura 15 – Alarmes mais frequentes - Sistema Heating	45
Figura 16 – Alarmes mais frequentes - Sistema Handling	45

Figura 17 - Classificação sistema de alarme.....	48
Figura 18 - Classificação inicial do sistema de alarme.....	50
Figura 19 - Desempenho inicial do sistema de alarme.....	50
Figura 20 - Estrutura do sistema de alarme InTouch. Adaptado de [Wonderware, 2007].....	59
Figura 21 - Estrutura do sistema de alarmes InTouch integrado com o aplicativo desenvolvido	61
Figura 22 - Fluxo de dados para monitoramento do sistema de alarme	62
Figura 23- Número de alarmes por dia.....	65
Figura 24 - Taxa de pico de alarmes.....	66
Figura 25 - Percentual de Instabilidade.....	67
Figura 26 – Distribuição de prioridades.....	68
Figura 27 - Classificação do sistema de alarme.....	69
Figura 28 - Desempenho do sistema de alarme por dia.....	70
Figura 29 - Distribuição de alarmes por área	71
Apêndice A	
Figura A. 1 - Índice - Documento de filosofia de alarmes.....	76
Figura A. 2 - Primeira página - Documento de filosofia de alarmes	77
Figura A. 3 - Segunda página - Documento de filosofia de alarmes	78
Apêndice B	
Figura B. 1 - Tela de sumário de alarmes	79
Figura B. 2 - Tela de estatísticas de alarmes	80
Figura B. 3 - Tela de distribuição por área e frequência de alarmes.....	81
Figura B. 4 - Tela de supressão de alarmes.....	82

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Índices de desempenho EEMUA 191. Adaptado de [EEMUA, 2007].....	20
Tabela 2 - Índices de desempenho ISA 18.2. Adaptado de [ANSI/ISA, 2009]	24
Tabela 3 - Índices de desempenho para industria de pipelines. Adaptado de [McTavish, 2008].....	30
Tabela 4 - Alarmes ruidosos.....	46
Tabela 5 - Períodos de enxurrada de alarmes	47
Tabela 6 - Índices FRB antes	47
Tabela 7 - Níveis de desempenho do sistema de alarme. Adaptado de [Brown, 2003].	49
Tabela 8 - Motivo de remoção de alarmes	52
Tabela 9 - Modificações realizadas em alarmes	52
Tabela 10 – Critérios de priorização de alarmes	56
Tabela 11 - Índices FRB - Antes x Depois	69

Lista de Abreviações

ASM	Abnormal Situation Management
DCS	Distributed Control System
EEMUA	Engineering Equipment and Materials Users' Association
FRB	Forno de reaquecimento de blocos
GA	Gerenciamento de alarmes
HMI	Human-Machine Interface
HSE	Health and Safety Executive
HTML	HyperText Markup Language
I/O	Input/Output
ISA	International Society of Automation
KPI	Key Performance Indicator
PLC	Programming Logic Controllable
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SMS	Short Message Service

INTRODUÇÃO

A era do controle digital de processos transformou o papel do alarme. Nos tempos dos controladores do tipo *hardwired* (sistemas de controle com circuito lógico físico), os engenheiros eram muito avessos aos alarmes, em parte porque cada um de seus pontos tinha um grande custo, algo em torno de mil dólares. Os sistemas atuais da automação eliminaram essencialmente o custo de adicionar alarmes e, consequentemente, o incentivo para limitar ou racionalizar seu número. Com a capacidade de todo ponto de medição ter alarme do tipo alto, baixo, e outras variações, há frequentemente mais pontos de alarme do que variáveis medidas no processo. Em muitos casos, é mais fácil adicionar um novo alarme do que racionalizar os existentes. Requisitos de segurança e normativos também adicionaram mais carga aos sistemas de alarme [O'Brien et al., 2004].

Para [Habibi et al., 2006] o problema com alarmes é, dentre outras coisas, um sintoma de um amplo assunto relacionado a fatores humanos nas modernas salas de controle. Com o advento dos sistemas de controle distribuídos (DCS, *distributed control system*) e todos seus benefícios conhecidos, surge uma consequência não intencionada de limitar a habilidade do operador em gerenciar de forma efetiva situações anormais no processo. Os engenheiros responsáveis pela implementação destes sistemas muitas vezes não proviam de conhecimento adequado dos fatores humanos envolvidos para projetarem um sistema de gerenciamento de alarme efetivo. Muitas vezes os alarmes eram determinados arbitrariamente e sem muita consistência. Antes dos DCS, e com os painéis de operação, um operador possuía tipicamente por volta de 50 indicações de alarme para informá-lo de situações que necessitariam de algum tipo de correção. O painel de alarme estava sempre visível e a disposição física permanente dos indicadores de alarme facilitava a memorização

de cada um deles. Uma vez que eram caros de serem implementados, os alarmes eram escolhidos cuidadosamente.

Nos dias de hoje os alarmes são frequentemente configurados e habilitados como procedimento padrão. O resultado é a criação de um número de alarmes excessivo. Em muitas salas de controle, os operadores são autorizados a alterar configurações de alarmes de acordo com sua vontade e sem nenhuma documentação ou consideração de projeto adequada, o que geralmente não é percebido como um problema em grande parte nas indústrias [Habibi et al., 2006].

Com a utilização dos DCS, acrescentar um alarme tornou-se uma tarefa de baixo custo e sua adição não racional resultou na perda da capacidade de gerenciá-los de forma eficiente. A Figura 1 apresenta este crescimento no número de alarmes dos sistemas de controle.

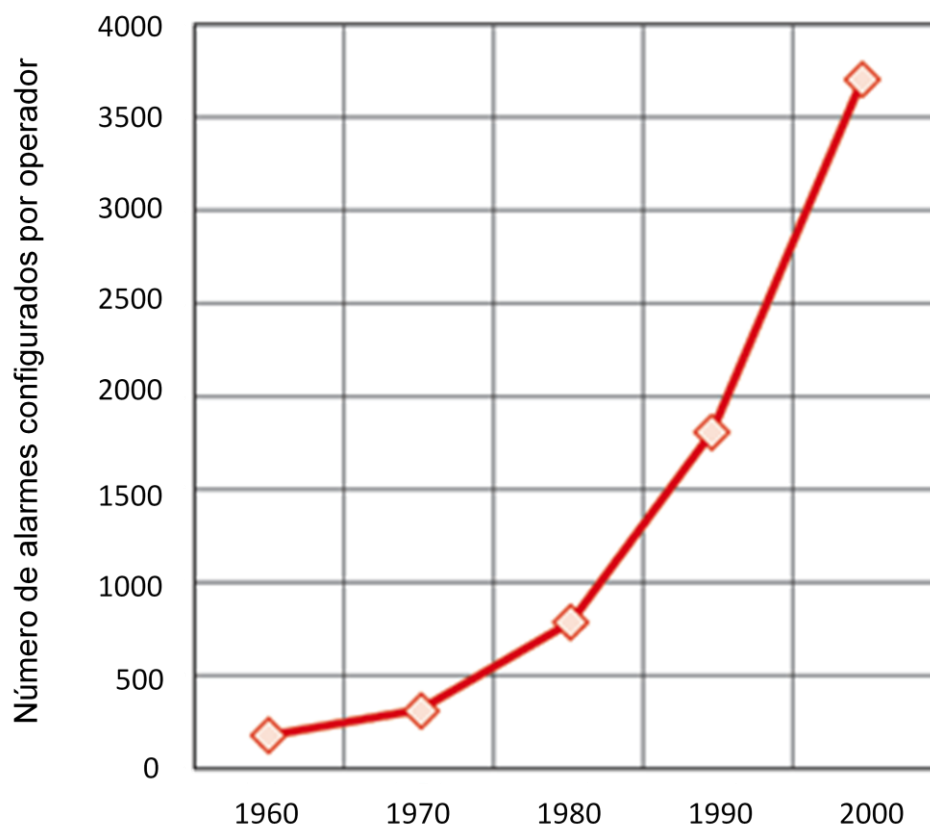


Figura 1 - Evolução do número de alarmes por operador. Adaptado de [Habibi et al., 2006]

A partir deste contexto, fica claro que estudar os sistemas de alarme e garantir que eles executem de forma correta a função que lhes cabe é essencial para o bom funcionamento de uma planta industrial.

Neste trabalho são descritos os principais padrões e referências existentes no assunto e apresentada a situação do gerenciamento de alarmes em plantas industriais. Como estudo de caso, é realizada a implementação do gerenciamento de alarmes em uma área específica de uma indústria siderúrgica multinacional.

1.1 Objetivos e contribuições

O objetivo deste trabalho constitui na aplicação de uma metodologia de gerenciamento de alarmes em um dos sistemas de alarme do forno de reaquecimento de blocos de uma indústria siderúrgica localizada no estado de Minas Gerais. Tal metodologia é baseada no ciclo de vida de gerenciamento de alarmes descrito no guia ISA 18.2 e é composta das seguintes etapas:

- Identificação e racionalização
- Projeto
- Implementação
- Monitoramento
- Gerenciamento de mudanças

São ainda utilizados os indicadores de desempenho e melhorias propostos pela EEMUA 191 para verificação da qualidade do sistema de alarme em estudo.

O trabalho desenvolvido é uma importante contribuição para o assunto, uma vez que aborda as principais normas, problemas e soluções em gerenciamento de alarmes. A aplicação prática realizada enriquece o trabalho e comprova a eficiência dos padrões utilizados. Outra contribuição do trabalho é o desenvolvimento de uma ferramenta que permite o monitoramento da “saúde” do sistema de alarme integrado com um sistema de supervisão amplamente utilizado nas indústrias em geral.

1.2 Organização do texto

Este trabalho está organizado em seis capítulos. A definição de gerenciamento de alarmes e dos conceitos relacionados, bem como a apresentação das principais normas que tratam do assunto e o estado da arte, são apresentados no capítulo 2.

A análise inicial do sistema de alarme em estudo é realizada no capítulo 3. A partir dela pode-se determinar os principais problemas do sistema e compará-lo aos níveis de desempenho considerados ideais.

No capítulo 4 é descrita a reengenharia do sistema de alarme. Nele são apresentadas as modificações realizadas no sistema de forma a torná-lo mais adequado à operação e ao processo e para que o mesmo possa realizar a função que lhe é designada: alertar situações de anormalia no processo que necessite de alguma ação do operador.

Os resultados obtidos após a implementação das modificações propostas no capítulo anterior são apresentadas no capítulo 5.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões finais e as possibilidades de trabalhos futuros.

GERENCIAMENTO DE ALARMES

Um alarme é um anúncio para o operador iniciado por uma condição de mau funcionamento de equipamento, desvio de processo ou condição anormal que requer uma ação [ANSI/ISA, 2009]. O anúncio pode ser feito por meio de sons audíveis, indicações visuais como piscar de luzes e textos, mudança de cor de fundo ou texto, mudanças gráficas e de figuras ou ainda por mensagens. Um alarme é uma representação por meio da qual uma das características do processo é identificada e configurada em sistema binário para caracterizar estado "em alarme" ou "limpo" - ou seja, não em alarme [Rothenberg, 2009]. A condição de alarme é passada ao operador por meios de sons e anúncios colocados em unidades de vídeo ou outros dispositivos para chamar a atenção. O operador pode controlar esses sons e anúncios por meio de comandos específicos da plataforma, ou sistema de alarme, tais como "silenciar o alarme" ou "reconhecer o alarme". Normalmente, esta plataforma de alarme é parte integrante da infra-estrutura do sistema de controle do processo.

O sistema de alarme é uma ferramenta vital e produtiva para a gestão de controle de processos industriais. Trata-se de uma forma muito importante de monitorar automaticamente as condições da planta e atrair a atenção do operador do processo para significativas mudanças que requerem avaliação ou ação. São compostos por equipamentos de campo, transmissão de sinal, processamento e tela de visualização [EEMUA, 2007].

Através de grandes esforços de cooperação única, a indústria tem identificado as melhores práticas para a concepção de sistemas de alarme. São projetos que incluem alterações de configuração, priorização de alarmes, reduções do número de

alarmes, modificações gráficas, filtros on-line e apoio a tomada de decisão. Alarmes executam a função vital da integridade operacional de monitoramento e, quando projetados corretamente, notificam o operador de situações anormais em tempo suficiente para seu tratamento adequado [Bransby, 2000].

2.1 Definição

Segundo [Rothenberg, 2009], gerenciamento de alarmes é tudo que diz respeito a compreensão, projeto, implementação e operação da capacidade de alertar os operadores de plantas industriais. Estes alarmes destinam-se a notificar, dentro de um tempo aceitável e de forma explícita, os operadores sobre situações e eventos que requerem sua atenção.

Objetivamente, gerenciamento de alarmes é a determinação de todas as condições da planta que devem ficar alarmadas, os parâmetros de configuração para a ativação de cada evento de alarme, a classificação da importância de cada alarme, e uma crítica e apresentação de informações que documentem a melhor definição de como tratar corretamente o alarme. O processo completo, ainda segundo [Rothenberg, 2009], inclui o seguinte:

1. Análise do desempenho atual do sistema de alarme, incluindo o seu impacto sobre produção, segurança e meio ambiente;
2. Desenvolvimento de uma filosofia;
3. Especificação de uma base de projeto para o sistema de alarme e suporte a infra-estrutura da planta;
4. Seleção de quais variáveis são alarmes;
5. Determinação de limites de alarme;
6. Definição de prioridades de alarme;
7. Determinação das ações recomendadas do operador;
8. Projeto de técnicas avançadas para facilitar melhoria de performance de alarmes;
9. Monitoramento da condição de plantas e ferramentas de apoio à decisão;

10. Incorporação de novo desenho do sistema de alarme voltado para infraestrutura da planta;
11. Auditorias contínuas, avaliações e modificações para a melhoria.

Gerenciamento de alarmes é um processo. Quando se consegue fazer gestão de alarmes o resultado é um sistema de alarme cujo funcionamento é adequado, atende aos requisitos de produção e melhor realiza os objetivos da empresa.

De acordo com [Nimmo, 1999], sistemas de alarme bem concebidos podem ajudar o operador a impedir que uma situação anormal se propague ou um distúrbio venha ocorrer. Os benefícios incluem:

- Aumento da segurança
- Redução de incidentes ambientais
- Aumento da produção
- Melhoria da qualidade
- Redução dos custos

Além disso, podem fornecer uma camada adicional de proteção e, portanto, contribuir para a redução de risco global do processo. Um sistema de alarme deve, finalmente, fornecer informação diagnóstica suficiente ao operador para que ele compreenda as condições complexas do processo.

Para [O'Brien et al., 2004], justificar o custo de um sistema de gerenciamento de alarmes pode ser uma tarefa desafiadora. Apesar da operação e dos engenheiros terem consciência da importância de tal sistema, convencer o gerente da planta da necessidade de investimento em uma estratégia avançada de gerenciamento de alarmes nem sempre é fácil. Um dos motivos estaria na dificuldade em se determinar o prejuízo financeiro que poderia ser evitado caso os sistemas de alarme estivessem exercendo sua função de forma adequada. Em uma pesquisa realizada nas indústrias petroquímicas dos Estados Unidos em 1998 pela *Abnormal Situation Management* estimou-se que cerca de US\$ 20 bilhões eram gastos por ano devido ao gerenciamento ineficiente de situações de distúrbio [Bransby et al., 1998].

2.2 História

Em julho 1994, um curto circuito na refinaria Milford Haven da Texaco desencadeou uma série de acontecimentos que conduziu finalmente a uma explosão e a diversos incêndios. Embora a causa do incidente fosse atribuída às falhas de gerenciamento de equipamento e dos sistemas de controle durante o distúrbio da planta, verificou-se que, nas cinco horas que conduziram ao acidente, alarmes ocorreram a uma taxa de um a cada dois ou três segundos. Esta inundação de alarmes reduziu a eficácia de resposta do operador. Como consequência, o alarme “derradeiro” foi aparentemente despercebido por uns 25 minutos. Houve então o rompimento de uma linha seguida de uma explosão [Bransby et al., 1998].

O acidente foi um ponto de atenção para o componente humano dentro dos sistemas de controle e de segurança e da incapacidade de identificação, análise e atuação sobre informações chave em situações de estresse ou com orientação insuficiente. Como parte de sua investigação, o órgão britânico executor de saúde e segurança, HSE – *Health and Safety Executive*, publicou 14 lições a serem aprendidas do acidente para melhorar o gerenciamento da segurança dentro da indústria de processo. As lições incluem as seguintes instruções relativas aos sistemas de alarme [Hatch, 2005]:

- Os alarmes críticos da segurança diferem de outros alarmes operacionais.
- Os alarmes são limitados a um número que um operador pode monitorar eficazmente.
- A segurança final da planta não deve depender da resposta do operador a um alarme do sistema de controle.

Em 1999, a associação dos usuários de equipamento de engenharia e dos materiais, EEMUA – *Engineering Equipment and Materials Users Association*, produziu em sua publicação 191 um conjunto de diretrizes para o projeto, implementação e melhorias de sistemas de alarme. Ela fornece recomendações práticas para sistemas de alarme baseada em experiências de vários usuários finais e estudos de fatores humanos.

A partir daí, diversas instituições e sociedades localizadas em diferentes partes do mundo produziram padrões/guias ou pesquisas relativas a sistemas de alarme visando determinar as melhores práticas utilizadas em alarmes nos sistemas de produção industrial . Entre elas estão a Sociedade Internacional de Automação, (ISA – *International Society of Automation*), a NAMUR - Comunidade de interesses em Sistemas de Automação da Indústria de Processos, o consórcio de Gerenciamento de Situações Anormais (ASM – *Abnormal Situation Management*) e o próprio órgão executor de saúde e segurança, o HSE.

2.3 Principais problemas nos sistemas e no gerenciamento de alarmes

São vários os problemas em sistemas de alarme sendo os mais comuns listados em [ANSI/ISA, 2009]:

- Alarmes são gerados e ignorados pelo operador;
- Na ocorrência de alarmes, os operadores não sabem que ação executar;
- Distúrbios mínimos na planta geram um grande número de alarmes;
- A lista de alarmes está cheia, mesmo quando não há nada errado;
- Alguns alarmes estão presentes na lista de alarmes continuamente por longos períodos de tempo;
- Durante um distúrbio o operador é sinalizado com vários alarmes que ele não sabe como priorizar;
- Diferentes configurações de alarmes são atribuídas por diferentes operadores

Estes problemas conduzem à consequências indesejáveis. Operadores expostos a muitos alarmes podem negligenciar um indicador importante de uma situação anormal ou ficarem tão assustados que podem escolher desligar o processo como uma medida de segurança, ao invés de tentar interpretar a informação que está sendo enviada. Ambos os cenários podem significativamente impactar na segurança dos funcionários e na eficiência de operação de planta. Ao

mesmo tempo, ocorre um aumento nos riscos. Há uma grande possibilidade de alguma falha catastrófica ocorrer, ou ainda um risco associado a redução de produção, qualidade ou baixa motivação de funcionários [Wibberley].

Segundo [Nimmo, 2004], a maioria dos projetos de gerenciamento de alarmes apresenta algum grau de sucesso devido ao tamanho e natureza do problema, mas poucos alcançam a meta inicial de resolver todos os problemas do gerenciamento de alarmes. Isto é geralmente causado pela estimativa ruim do tempo necessário para solucionar este tipo de problema e a complexidade da relação em cadeia da gestão de alarmes, assim como as implicações em outros sistemas, tais como treinamento, interface homem máquina, etc. Algumas das razões de falha em projetos de gerenciamento de alarmes incluem:

- Objetivos modestos
- Responsabilidades não claras
- Plano de trabalho inexistente ou pobre
- Vários objetivos
- Decisões de processo confusas
- Baixa expectativa
- Desconhecimento do processo
- Falta de padronização
- Objetivos não claros ou não mensuráveis
- Programas de revisão inexistente ou ineficiente
- Adoção de rotinas ultrapassadas
- Falta de comprometimento dos envolvidos

Estes itens representam alguns dos principais problemas associados a falhas em projetos de gerenciamento de alarmes. Projetos bem sucedidos apresentam uma filosofia de alarmes clara, bem documentada e compreendida. A maioria dos projetos de sucesso são aqueles que apresentam um entendimento claro do tamanho e tipos de problemas que serão encontrados. Ao final de um bom projeto, as diferenças são claras no dia a dia da planta: melhor funcionamento de equipamentos, incidentes são drasticamente reduzidos, metas de produção são

frequentemente atingidas e só aqueles alarmes que requerem ação da operação são os que de fato aparecem [Nimmo, 2004].

[O'Brien et al., 2004] descreve bem a situação do gerenciamento de alarmes presente nas indústrias:

“Gerenciamento de alarmes é um dos aspectos mais subestimados e subutilizados do processo de automação, onde muitas plantas ainda utilizam a filosofia de gerenciamento de alarmes desenvolvida no início de sua construção. Uma vez que os sistemas de alarme se tornam menos efetivos, eles reduzem a efetividade de toda automação.”

2.4 Sistemas de alarme *versus* operador

A resposta ao alarme do operador é crucial para prevenir que uma condição de distúrbio do processo passe para uma condição mais perigosa [Hatch et al., 2009]. Múltiplas camadas de proteção podem prevenir um acidente e minimizar seu impacto caso ele ocorra. A intervenção do operador é uma das primeiras camadas de segurança, conforme pode ser visto na Figura 2.

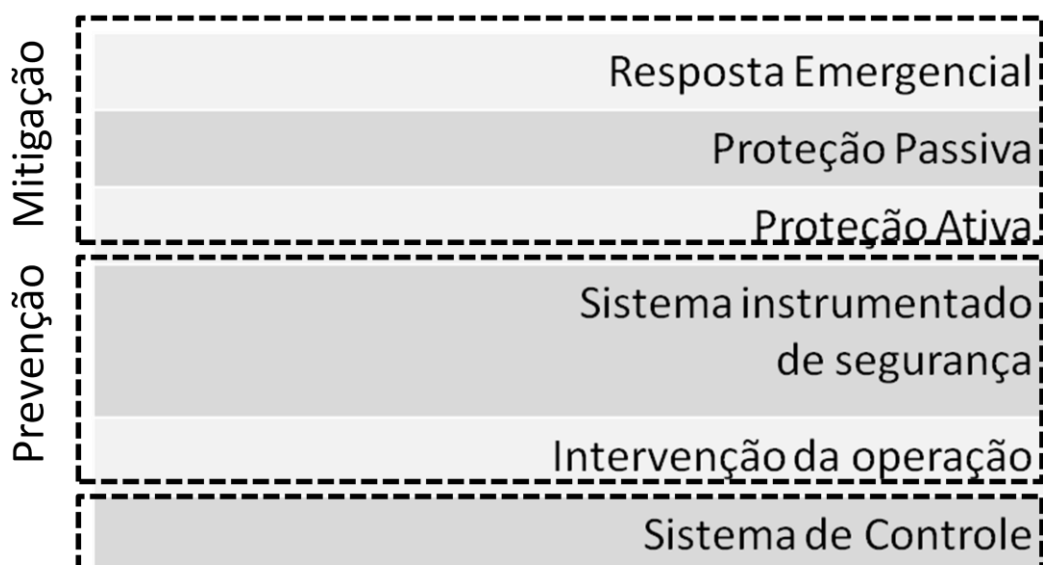


Figura 2 - Camadas de proteção. Adaptado de [Hatch et al., 2009]

Mas quais seriam as funções do operador? Segundo [Mattiasson, 1999], esta resposta depende do modo de operação que o processo se encontra. Durante o funcionamento normal é de otimizar e ao sinal da presença de uma simples anomalia, sua função passa a ser de retornar o processo às suas condições normais. Para situações de grandes distúrbios deve-se trazer o sistema para as condições mais próximas de segurança e em situações de possibilidade de desastres, “derrubar” o processo visando o mínimo de consequências.

Para que estas expectativas sejam atendidas, devem ser fornecidas ao operador as ferramentas necessárias para realização de suas responsabilidades da melhor maneira possível. A qualidade e quantidade de informações e alarmes recebidos pelo operador tem um impacto direto sobre seu desempenho [Smith et al., 2003]. Assim, é importante que tanto a informação quanto os alarmes sejam relevantes para a situação corrente do processo.

Observa-se um crescimento da demanda sobre o operador e dentre os principais motivos podem-se citar [Smith et al., 2003]:

- A necessidade de operação do processo próxima da eficiência máxima;
- Altos custos de interrupções no processo;
- Disponibilização de processos mais complexos;
- Regulamentações ambientais mais severas;
- Número reduzido de operadores;
- Alto índice de rotatividade de pessoal, resultado em operadores menos experientes.

Estudos do consórcio de Gerenciamento de Situações Anormais, o ASM, mostram que a maior parte dos acidentes industriais é causada por falhas humanas, conforme mostrado na Figura 3.

Distribuição dos motivos de falhas nas indústrias

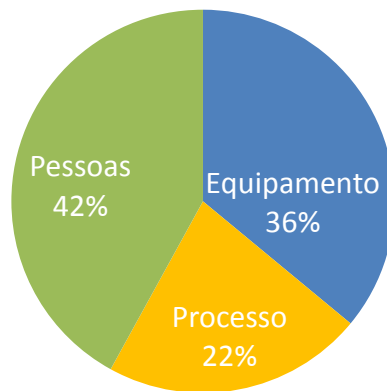


Figura 3 - Distribuição dos motivos de falhas na indústria. Adaptado de [Honeywell, 2004]

Segundo [HSE, 1999], as falhas humanas, como mostrado na Figura 4, podem ser classificadas como intencionais e não intencionais. A primeira está relacionada a violações, enquanto a segunda, a erros.

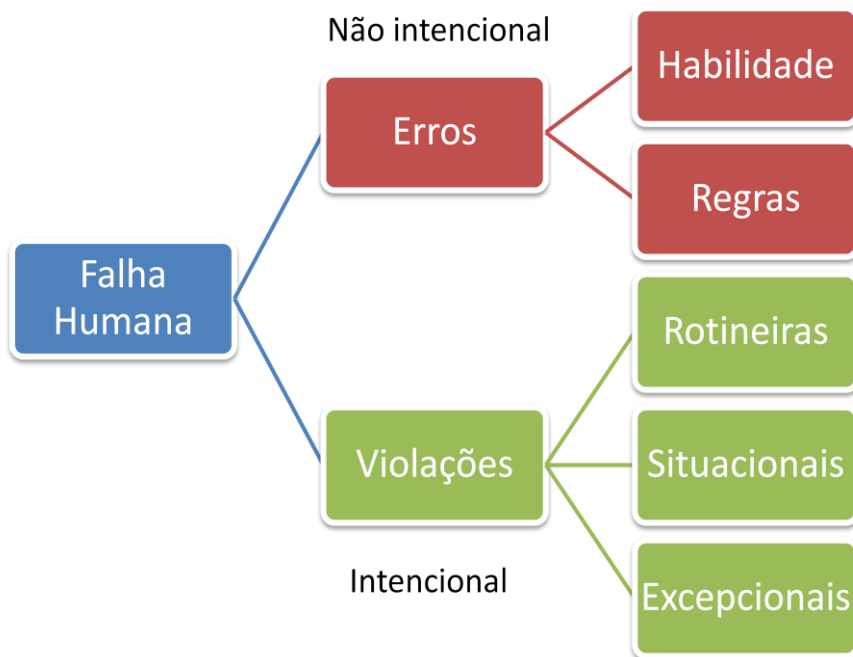


Figura 4 - Motivos de falhas humanas. Adaptado de [HSE, 1999]

Em [Smith et al., 2003] as falhas humanas são descritas da seguinte forma:

- Erros

a) Erros baseados na habilidade, tais como a tomada da ação não como previsto ou a omissão de uma ação.

b) Erros baseados em regulamentos ao usar uma regra que já não se aplica ou erros baseados no conhecimento quando as medidas corretas estão faltando ou o operador é demasiadamente inexperiente para entender corretamente as medições.

- Violações deliberadas

a) Violações rotineiras para ganhar tempo ou energia, ou resultado de treinamento deficitário ou supervisão ineficiente ou equivocada sobre o valor ou a aplicabilidade das regras.

b) Violações situacionais onde a regra é difícil de aplicar, há conflitos com outras regras, faltam recursos ou as circunstâncias extremas prevalecem.

c) Violações excepcionais onde algo errado já foi feito o que leva os operadores a justificarem o descumprimento de uma regra.

O HSE considera que o tratamento do alarme é uma questão fundamental para a segurança e espera que as empresas revejam seus sistemas de alarme a partir de uma perspectiva dos fatores humanos e tenha estratégias de gerenciamento na busca da melhoria contínua [Bransby et al., 1998]. Entretanto, a ignorância de fatores humanos é frequente e, em particular, a falta da compreensão de como os alarmes podem contribuir ou desviar a atenção de uma operação segura. Isto tem resultado em muitos sistemas que incluem milhares de alarmes individuais e um número não especificado de combinações de alarmes. Em [HSE, 1999] inclui-se uma definição formal dos fatores humanos baseados na tarefa, no indivíduo e na organização. Esta definição determina que - “*os fatores humanos referem-se a fatores ambientais, de organização e do trabalho, e a características*

humanas e individuais que influenciam no comportamento no trabalho, de uma maneira que pode afetar a saúde e a segurança”. Outra maneira de ver isto é evitar:

- Projetos com interesses individuais
- Projeto para operadores medianos
- Confiança no senso comum
- Confiança demasiada na operação com relação à segurança

Um bom projeto do sistema de alarme contribuirá para reduzir todos os tipos de falhas humanas citadas anteriormente. O perigo está em esperar demasiadamente da operação e depositar confiança excessiva no operador com relação a segurança. Para conseguir este nível de confiabilidade humana, várias características de projeto são exigidas, como especificado em [EEMUA, 2007]. Além disso, é igualmente essencial reservar tempo para que o operador responda a um alarme. Quando é criada uma situação em que o operador tem poucos minutos para detectar, diagnosticar e responder, aumenta-se a probabilidade de falha, o que significa que o operador não pode ser considerado uma camada importante de segurança [Hatch et al., 2009].

2.5 Principais publicações e organizações em gerenciamento de alarmes

A atividade de padronização em torno do gerenciamento de alarmes está aumentando. Organizações vêm trabalhando para oferecer uma abordagem padronizada para o gerenciamento de alarmes dentre elas a EEMUA, a ISA, a NAMUR, e muitas outras. Nesta seção são descritos as duas normas mais importantes no assunto, a EEMUA 191 e a ISA 18.2. A NAMUR NA 102 também é descrita, porém com menor nível de detalhamento. São, ainda, citadas duas importantes organizações, o Consórcio de Gerenciamento de Situações Anormais (ASM, *Abnormal Situation Management*) e o Órgão Executivo de Saúde e Segurança (HSE, *Health and Safety Executive*).

2.5.1 EEMUA 191

A EEMUA 191, cuja primeira versão foi disponibilizada em 1999, é reconhecida como a melhor prática no assunto e tem sido adotada como padrão para projetos, gerenciamento e aquisição de sistemas de alarme. Ela fornece recomendações práticas para sistemas de alarme baseada em experiências de vários usuários finais e estudos de fatores humanos [Hatch, 2005; O'Brien et al., 2004; Brown, 2003; McTavish, 2008].

Neste guia são citados quatro fundamentos principais que regem um sistema de alarme: usabilidade, segurança, monitoramento de desempenho e investimento em engenharia.

A usabilidade garante que o projeto de um sistema de alarme pode absorver as necessidades do usuário e operar dentro de suas limitações. De acordo com a EEMUA, um sistema de alarme utilizável deve ser relevante para o usuário, indicando claramente qual resposta é requerida, apresentar-se em uma taxa com a qual o usuário pode lidar, e ser fácil de ser compreendido. Desta forma, são apresentados os chamados princípios chave de projeto:

- O propósito de um sistema de alarme é direcionar a atenção do operador para as condições da planta, exigindo avaliação ou ação no momento correto.
- Cada alarme deve alertar, informar e guiar.
- Todo alarme mostrado ao operador deve ser útil e relevante.
- Todo alarme deve ter uma resposta definida.
- Tempo adequado deve ser permitido para que o operador possa cumprir uma resposta específica.
- Os sistemas de alarme devem ser projetados levando em consideração as limitações humanas.

A segurança significa que a contribuição de um sistema de alarme para preservar a segurança das pessoas, meio-ambiente e equipamento deve ser claramente identificada.

No monitoramento de desempenho, a EEMUA determina que a performance do sistema de alarme deve ser avaliada durante o projeto e comissionamento para garantir sua usabilidade e eficiência sobre todas as condições de operação. É ainda recomendada auditoria regular durante todo o ciclo de vida da planta de forma a garantir o bom desempenho.

E, por último, o investimento em engenharia, que define o sistema de alarme como um sistema que segue uma metodologia estruturada, na qual todo alarme é justificado e devidamente projetado.

Segundo o documento, alarmes são sinais que são mostrados para o operador tipicamente por um som audível, por alguma forma de indicação visual, geralmente intermitente, e pela apresentação de uma mensagem ou algum outro tipo de identificação, devendo indicar um problema que requer atenção do operador. Para que os alarmes cumpram seu papel eles devem apresentar as seguintes características:

- Relevância - informações irrelevantes ou espúrias devem ser ignoradas;
- Singularidade - o mesmo alarme não deve apresentar entradas duplicadas;
- Precisão - nenhum alarme deve ser apresentado com muita antecedência a sua resposta ou muito tarde para que a mesma seja executada;
- Importância - todo alarme deve possuir uma prioridade no tratamento;
- Clareza - suas informações e ações de resposta devem ser de fácil compreensão;
- Diagnóstico - todo alarme deve identificar o problema ocorrido;
- Consultivo - o conjunto de ações a serem tomadas deve estar disponível;
- Focado - apresentar somente as informações mais importantes para o correto funcionamento da planta naquele estado.

O papel de um operador em uma planta industrial em geral, abrange uma gama de diferentes atividades, incluindo a operação da fábrica, a otimização da produção, identificação de falhas, a coordenação de manutenção, etc. As tarefas envolvidas podem mudar, dependendo do estado em que a planta se encontra.

Na prática, o papel do operador em situações anormais pode ser muito complexo. Conforme mostrado na Figura 5, a sua resposta pode envolver diversos tipos de tarefas completamente diferentes. Além disso, a resposta necessária para um operador de situação anormal pode ser bastante diferente do que a requerida numa situação aparentemente similar em outro momento.

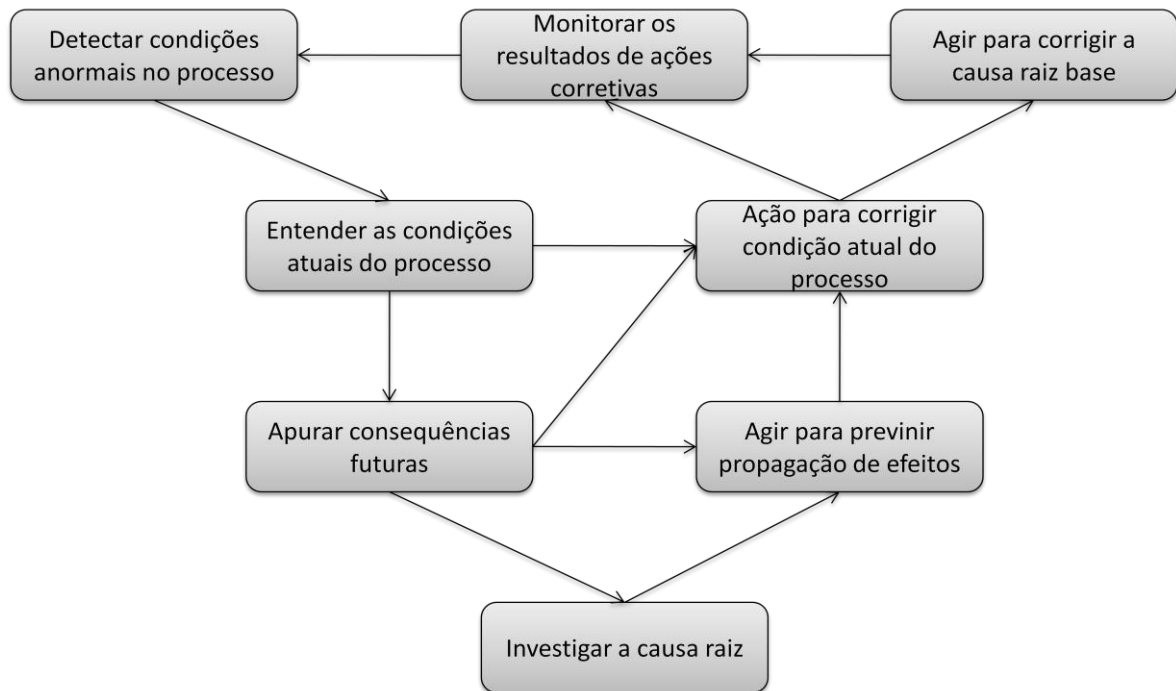


Figura 5 - O papel do operador em situações anormais. Adaptado de [EEMUA, 2007]

Em um sistema de alarme é extremamente útil priorizar os alarmes de tal forma que aqueles mais importantes, em qualquer instante de tempo, sejam mais evidentes para o operador. Isso ajuda a operação a decidir quais alarmes deve tratar prioritariamente em situações de grande carga de alarmes. A priorização também ajuda em momentos de menor carga, uma vez que traz claramente ao operador a atenção para os alarmes que devem ser tratados com urgência. É, geralmente, apropriado priorizar os alarmes em função de dois fatores:

- a gravidade das consequências (em termos econômicos, de segurança e do meio-ambiente)

- o tempo disponível em relação ao tempo necessário para a ação corretiva ser realizadas e ter o efeito desejado.

São propostos três métodos/algoritmos para determinar a prioridade de alarmes que podem ser resumidos da seguinte forma.

1. O primeiro deles é baseado na soma das consequências (econômicas, segurança e meio-ambiente). O fator peso é multiplicado a soma.
2. O segundo atribui a prioridade de acordo com a consequência máxima do alarme.
3. O terceiro é baseado em um diagrama de fluxo.

No documento ainda são tratados os problemas práticos na implementação de sistemas de alarme, métricas de desempenho e programas de melhoria.

Em sua segunda edição, lançada em 2007, são apresentados dados de alguns setores industriais com relação aos índices de desempenho estabelecidos como fundamentais para o funcionamento adequado de um sistema de alarme.

A Tabela 1 mostra os valores observados na indústria e aqueles recomendados pela EEMUA. Fica estabelecido que:

- A média determinada de 144 alarmes por dia estabelece que o operador deve ter pelo menos 10 minutos para poder avaliar corretamente cada alarme gerando para que não haja perda de desempenho em outras atividades. O que daria um alarme em média a cada 10 minutos.
- Para que a lista de alarmes não seja poluída, e dificulte a detecção de alarmes pendentes, recomenda-se que não haja mais de 9 alarmes contínuos.
- A taxa de pico de alarmes diz respeito a número máximo de alarmes ocorridos em 10 minutos.
- E por último, é sugerida a distribuição de prioridades dos alarmes: 80%, 15% e 5% para prioridade baixa, média e alta, respectivamente.

Tabela 1 - Índices de desempenho EEMUA 191. Adaptado de [EEMUA, 2007]

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

Neste estudo pode-se verificar que os sistemas de alarme de vários setores industriais estão muito aquém do desempenho considerado aceitável pela instituição.

2.5.2 ISA 18.2

Um dos comitês da *International Society of Automation* é o ISA 18 – *Instrument Signals and Alarm*, cujo objetivo é estabelecer terminologias e práticas para sistemas de alarmes. Atualmente o comitê conta com dois padrões, o ISA 18.1 – *Annunciator Sequences and Specifications* e o ISA 18.2 – *Management of Alarm Systems for Process Industries*. Este é específico para gerenciamento de alarmes e define modelos, terminologias e processos para a implementação e gestão eficientes de um sistema de alarme. [ISA-18]

¹ Levam em conta apenas um operador

Ao contrário da EEMUA 191, que considera um sistema de alarme contendo desde a instrumentação até a tela de alarme, o escopo do documento é limitado a sistemas de alarme utilizados em computadores.

A ISA 18.2 estabelece um sistema holístico para gerenciar um sistema de alarme representado por um modelo de ciclo de vida. O ciclo de vida do gerenciamento de alarmes é composto pela definição da filosofia de alarme, gerenciamento de mudanças e auditoria e avaliação como pode ser observado na Figura 6.

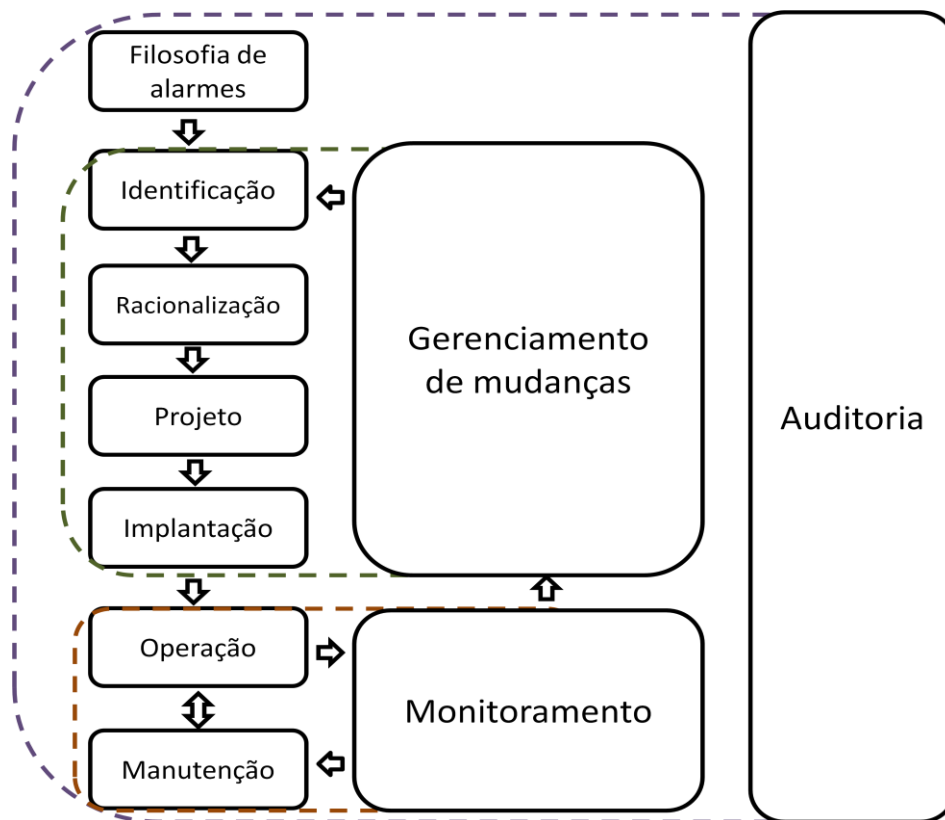


Figura 6 - Ciclo de vida do Gerenciamento de alarmes. Adaptado de [ANSI/ISA, 2009]

A seguir uma breve descrição de cada uma das fases presentes no ciclo:

- Filosofia de alarmes:

O ponto de partida usual no ciclo de vida do gerenciamento de alarmes é o desenvolvimento de um documento de filosofia de alarmes. Ele define as

normas de como a empresa realizará o gerenciamento de alarmes por meio de todas as fases do ciclo de vida. Deve conter as regras para a classificação e priorização de alarmes, utilização de cores para indicar um alarme na HMI (Human-Machine Interface), e a gestão das alterações nas configurações. Deve também estabelecer parâmetros de desempenho, tais como a carga de alarmes aceitável para o operador. Para as novas instalações, a filosofia de alarmes deve ser totalmente definida e aprovada antes do comissionamento.

- **Identificação e Racionalização:**

O objetivo da identificação e racionalização é encontrar o conjunto mínimo de alarmes necessário para manter o processo seguro e sob controle. Racionalização implica em uma revisão e justificativa de potenciais alarmes para garantir que eles cumpram os requisitos e a definição de um alarme: um meio sonoro e / ou visível de indicar ao operador o mau funcionamento do equipamento, desvio do processo, ou condições anormais que exigem uma resposta. Racionalização envolve também a documentação da prioridade de cada alarme, classificação, limites, causas, conseqüências e ações corretivas no banco de dados de alarmes.

- **Projeto detalhado:**

Inclui o projeto base de alarme, determinação de parâmetros como banda morta, projetos avançados, utilização de estado do processo ou equipamento para supressão automática de alarme, e projeto de HMI, mostrando o alarme para a operação para que possam efetivamente detectar, diagnosticar e responder a ele.

- **Implantação, operação, e manutenção:**

A norma descreve as práticas e procedimentos para a colocar um alarme em operação, utilizá-lo, e retirá-lo de serviço para reparo, substituição ou teste. Exigências e recomendações para treinamento e teste são definidos, bem como as ferramentas que devem estar à disposição do operador para trabalhar com alarmes (tais como supressão de alarme). A norma descreve os procedimentos que devem ser seguidos para retirar um alarme de serviço,

incluindo a documentação de justificativa para a remoção, as informações relativas aos alarmes provisórios, procedimentos especiais de manipulação, assim como os testes que são necessários de serem realizados antes de se colocar o alarme novamente em serviço.

- **Acompanhamento e Avaliação:**

Um sistema de alarme não monitorado é um sistema danificado. Monitorar o desempenho e compará-lo com as métricas chave tais como as do padrão é uma atividade fundamental no ciclo de vida. Uma das métricas-chave é a taxa com que os alarmes são apresentados para o operador. Para ajudar os operadores a identificar aqueles alarmes que devem ser respondidos primeiramente, a ISA recomenda o uso de não mais do que três ou quatro diferentes prioridades de alarme no sistema.

- **Gerenciamento da Mudança:**

Mesmo o sistema de alarme mais bem projetado pode ter problemas se não houver controle sobre quem possa fazer alterações nele. Gestão da mudança implica na utilização de ferramentas e procedimentos para garantir que modificações no sistema de alarme (como mudar um limite de alarme) passem por revisões e sejam aprovadas antes da implementação.

- **Auditoria:**

A fase de auditoria do ciclo de vida de alarme é focada principalmente na revisão periódica dos processos de trabalho e desempenho dos sistemas de alarme. O objetivo é manter sua integridade em todo o seu ciclo de vida para identificar áreas de melhoria.

Para cada uma das fases são detalhados procedimentos e recomendações para obtenção dos melhores resultados no gerenciamento de alarmes.

São ainda, como pode ser visto na Tabela 2, apresentados índices de desempenho. Verifica-se que alguns índices são os mesmos descritos na EEMUA

191, sendo que um deles, quantidade de alarmes contínuos, é a metade do recomendado pelo padrão inglês.

Tabela 2 - Índices de desempenho ISA 18.2. Adaptado de [ANSI/ISA, 2009]

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

² Alarmes *chattering* são aqueles de curta duração e repetitivos, enquanto alarmes *fleeting* também são de curta duração mas não ocorrem com tanta frequência [ANSI/ISA,2009].

2.5.3 NAMUR NA 102

NAMUR é uma organização internacional de usuários de processo de tecnologia de automação, com sede na Alemanha, com a maioria de membros deste país ou de países vizinhos. A NAMUR NA 102, cuja última versão é de 2008, inclui os procedimentos de projeto para sistemas de alarme, as recomendações para monitorar o desempenho de alarmes, e sugestões de funcionalidades para os vendedores de equipamentos de controle.

O documento mostra um procedimento para a criação de gerenciamento de alarmes dentro de um sistema de controle de processo a partir de uma visão global do processo como um todo. Inclui sinais de mensagem, mas concentra-se em alarmes.

Durante a fase de engenharia e montagem, o documento serve como um guia geral, a partir do qual uma parte da especificação de sistemas de controle individuais pode ser derivada, adequando-o para atender um determinado mecanismo de equipamento.

Na fase de operação da planta, o documento serve como um guia para serviço e manutenção, bem como de otimização do sistema de monitoramento. Ele também fornece informações para os fabricantes de sistemas de controle de processos sobre como ampliar as funções do produto.

A NAMUR NA 102 pode ser considerada um sumário e tradução para o alemão da publicação 191 da EEMUA.

2.5.4 ASM – Consórcio de Gerenciamento de Situações Anormais

O Consórcio de Gerenciamento de Situações Anormais foi informalmente iniciado em 1992 e formalmente constituído em 1994. Seu objetivo é habilitar e capacitar as equipes operacionais para gerir as suas plantas, maximizar a segurança e minimizar o impacto ambiental, permitindo que os processos sejam

levados ao seu limite ideal. Os membros originais do consórcio incluem Honeywell, Chevron, Exxon, Shell, BP, Mobil, Texaco e Nova Chemicals.

Estudos do consórcio sobre incidentes em vários sites confirmam três fontes principais, conforme já mostrado na Figura 2, de situações anormais: as pessoas ou fatores relacionados ao trabalho, equipamentos e elementos do processo.

As pessoas e os fatores relacionados ao ambiente de trabalho são responsáveis em média por 42% dos incidentes. As influências sobre este fator são treinamento, competências e níveis de experiência das equipes de operações e os seus níveis de estresse quando ocorrem situações de distúrbio. A estrutura organizacional, comunicação, meio-ambiente, procedimentos e práticas documentadas também determinam a resposta do operador.

Equipamentos são responsáveis em média por 36% dos incidentes. Esta categoria inclui a degradação e as falhas no equipamento de processo, tais como bombas, compressores e fornos, e as falhas nos equipamentos de controle, tais como sensores, válvulas e controladores.

Elementos de processo são responsáveis em média por 22% das ocorrências e estão diretamente ligados à complexidade do processo, aos tipos de materiais e de produção (discreta vs contínua), ao estado de funcionamento, e aos desligamentos e transições

Vale destacar que a EEMUA desenvolveu seu guia para sistemas de alarme com uma quantidade considerável de informações obtidas pelo consórcio.

Em 2009, o ASM lançou sua principal publicação na área de gerenciamento de alarmes, o guia *Effective Alarm Management Practices* (Práticas Efetivas para o Gerenciamento de alarmes) que é composto pelos seguintes tópicos:

- Princípios de gerenciamento
- Projeto para sistemas de alarme
- Ciclo de vida do gerenciamento
- Treinamento

Ele detalha as melhores práticas no gerenciamento de alarmes, e descreve processos e métodos para criar, configurar e implementar um sistema de alarme eficiente.

Em outro guia publicado, o *Effective Operator Display Design* (Projeto Eficaz da Tela do Operador) são ainda discutidos configurações das telas de alarmes, e suas formas audíveis e visíveis.

2.5.6 HSE – Órgão Executivo de Saúde e Segurança

O Órgão Executivo de Saúde e Segurança é uma organização governamental responsável pelo fomento, regulação e aplicação da saúde, segurança e bem-estar no local de trabalho, e para a investigação sobre os riscos ocupacionais, na Inglaterra, País de Gales e Escócia.

Três de suas publicações tratam mais especificamente do gerenciamento de alarmes e dos fatores humanos envolvidos. São elas:

- *Better Alarm handling – a practical application of human factors*

Em [Wilkinson et al., 2002] são fornecidos exemplos e conselhos práticos e define o tratamento de problemas com alarmes no contexto de sistemas de gestão da segurança. Há ainda dois apêndices, sendo que um deles apresenta um resumo do incidente ocorrido na Texaco e o outro apresenta um estudo de caso de melhorias identificadas e implementadas em um sistema de alarme.

- *Better Alarm handling - Chemicals Sheet No 6*

Em [HSE, 2000] um guia simples e prático para gerentes, supervisores e operadores sobre como reconhecer e lidar com problemas de fatores humanos típicos envolvendo sistemas de alarme é fornecido. Seu objetivo é prevenir futuros acidentes como o ocorrido na refinaria Texaco. São descritos três passos para melhorar o tratamento de alarmes assim como gerenciar outros riscos:

Passo 1: Identificar problemas

Passo 2: Planejar o que fazer

Passo 3: Eliminar e controlar os problemas

- *The management of alarm systems*

Em sua maior publicação, contendo mais de 200 páginas, o livro *The management of alarm systems* - [Bransby et al., 1998] - é a principal contribuição da organização para o assunto. Trata-se de uma pesquisa realizada nas indústrias químicas e de energia com relação a aquisição, projeto e gerenciamento de sistemas de alarme. Ele está dividido em três volumes:

- Volume 1 - Melhores práticas: Fornece recomendações sobre as melhores práticas de aquisição, projeto e gestão de sistemas de alarme;
- Volume 2 - Resultados da pesquisa: Descreve os principais resultados das fases de coleta de dados. Inclui detalhes das informações obtidas nas visitas aos locais de operação. Apresenta os resultados de dois questionários para pesquisa e das discussões realizadas nos centros de engenharia. O volume inclui também sugestões de temas para futuras pesquisas e desenvolvimento;
- Volume 3 - Análise da literatura: Fornece uma ampla revisão da literatura sobre a utilização de sistemas de alarme nas indústrias de processo.

2.6 O gerenciamento de alarmes nos diferentes tipos de indústrias

Os estudos já realizados em sistemas de alarme se concentram principalmente nas indústrias químicas, petroquímicas e de energia, porém, não há nenhum tipo de indústria que não se beneficie com um projeto adequado de gerenciamento de alarmes. Seja em processos contínuos ou discretos, em plantas em terra firme ou plataformas em alto-mar, todas as indústrias passam por situações de anomalia que requerem uma resposta apropriada do operador. Obviamente os diferentes segmentos industriais possuem diferenças em seus projetos de sistemas de alarme, mas tais diferenças não são tão grandes. Os conceitos fundamentais são

válidos, os processos são viáveis e os resultados são efetivos. Porém eles respondem por diferentes necessidades, possuem diferentes hardwares e softwares [Rothenberg, 2009].

Um exemplo muito claro desta diferença no gerenciamento de alarmes entre os diversos segmentos industriais é a indústria de *pipelines*³. Segundo [McTavish, 2008] o controle da operação deste tipo de processo é uma tarefa bastante complicada, uma vez que as grandes distâncias envolvidas e os tipos de equipamentos utilizados requerem um monitoramento constante das condições operacionais. Para [Doran, 2009] a latência inerente aos dados e aos alarmes associada com a confiabilidade causada pelas problemas de comunicação determinam desafios adicionais em projetos de gerenciamento de alarme. Dado a diferença deste tipo de processo, podem existir, por exemplo, diferenças na idéia de tempo de resposta para os alarmes uma vez que as distâncias envolvidas podem influenciá-lo.

[McTavish, 2008] acredita que as métricas de desempenho estabelecidas pela EEMUA 191 e ISA 18.2 não são muito adequadas para este tipo de indústria, e devem ser adaptadas para tal. Em seu trabalho mostra as principais diferenças entre as indústrias de processo e as de *pipeline* e sugere métricas de desempenho (KPIs) mais adequadas à indústria de *pipelines*. Como pode-se verificar na Tabela 3, os valores sugeridos considerados ideais (valores alvo ouro) não diferem muito das métricas de desempenho estabelecidas pela EEMUA 191 e ISA 18.2. Trata-se na verdade de uma classificação menos rígida que busca levar em conta as condições de um processo do tipo *pipeline*.

³ Conjunto de dutos e demais componentes que possibilitam a distribuição de gás e líquido.

Tabela 3 - Índices de desempenho para indústria de pipelines. Adaptado de [McTavish, 2008]

Indicadores	Valor Alvo		
	Bronze	Prata	Ouro
Alarmes por hora	<20	<12	<6
Tempo de instabilidade	<15%	<5%	<1%
Alarmes contínuos	<50	<30	<10
Taxa de pico de alarmes	<120	<90	<60

A diferença entre processos fez com que, em 2009, o Instituto de Petróleo Americano (API, American Petroleum Institute) criasse a API RP 1167, cuja função é fornecer aos operadores de pipelines práticas industriais no desenvolvimento, implementação, manutenção e validação de um programa de gerenciamento de alarmes para sistemas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). Ela inclui também definições e filosofia de alarmes, gerenciamento de mudanças, dentre outros.

Certamente os diversos segmentos industriais apresentam diferentes dinâmicas e necessidades, porém, um projeto de gerenciamento de alarmes bem feito trará resultado igualmente satisfatório ao processo, seja ele qual for.

2.7 O Estado da arte no gerenciamento de alarmes

O gerenciamento de alarmes ainda é um tema muito pouco explorado no meio industrial, mas, dado sua importância, esforços tem ocorrido para a disseminação do assunto nos últimos anos [NAMUR, 2008]. O documento [Bransby et al., 1998], lançado em 1998, mostra que existem muitos problemas nos sistemas de alarme de indústrias dos setores químicos e de energia da Grã-Bretanha. Mais recentemente, em 2007, a EEMUA 191 publicou números de alguns setores

industriais que comprovam que melhorias precisam ser realizadas para se atingir as melhores e mais confiáveis condições de operacionalização de uma planta. Apesar de não existir levantamento equivalente no Brasil, é sabido que a situação dos sistemas de alarme das indústrias brasileiras não difere das europeias e americanas. Estudos de caso de monitoramento e diagnóstico de sistemas de alarme em diferentes setores da indústria brasileira, tais como em [Pinto et al., 2007], [Farina et al., 2008], [da Silva, 2009], [Leitão et al., 2009], [Almeida, 2009] e [Vidigal et al., 2010], comprovam a deficiência dos sistemas de alarme.

Neste contexto, inúmeras são as empresas que comercializam softwares voltados para o gerenciamento de alarmes, tais como Matrikon, Yokogawa, Honeywell, etc. As soluções são baseadas nas principais normas e guias da área (principalmente a EEMUA 191) e, em geral, apresentam as seguintes funções:

- Contagem de alarmes diários
- Frequência de ocorrência de alarmes
- Detecção e contagem de alarmes contínuos
- Taxa de pico de alarmes
- Distribuição de prioridades de alarmes
- Distribuição de alarmes por área
- Detecção de alarmes correlacionados.
- Classificação do sistema de alarme

Atualmente, as empresas de automação desenvolvedoras de sistemas SCADA já comercializam em seus produtos, além do recurso de armazenamento histórico, algumas funcionalidades integradas que são relacionadas a alarmes. Tais sistemas utilizam plataformas baseadas em padrões criados para a integração de aplicações e que levam em conta o gerenciamento e comunicação de alarmes. Quando esta integração ocorre sobre padrões similares, tais como ActiveX, OPC, HTML, XML, COM e interfaces web, o resultado é uma solução eficiente e de fácil manutenção [Tanner et al., 2005]. A Wonderware, oferece em seu sistema (InTouch), dois componentes ActiveX: um diagrama de pareto para visualização dos alarmes que ocorrem com mais frequência (*bad actors*) e um visualizador em forma de árvore

que permite a verificação da hierarquia de grupo que os alarmes fazem parte facilitando desta forma seu gerenciamento. Outros tipos de informações/relatórios também podem ser obtidos, porém é necessária a aquisição do recurso separadamente. A solução da Wizcon vem com um módulo opcional, WizAAM (Advanced Alarm Management), que é utilizado para o situações de prontidão. Quando um alarme é disparado, a notificação pode ser realizada através de e-mail, SMS, e-mail de voz, HTML, telefone celular e pager, bem como fax e várias impressoras. *Scripts* Integrados identificam e priorizam cada alarme e em seguida, enviam a mensagem certa à(s) pessoa(s) certa(s) na organização, permitindo uma resposta rápida e adequada. O mesmo ocorre com o sistema Wincc da Siemens que também possui um módulo de extensão (add-on) que permite o envio de mensagens para as pessoas responsáveis pelo processo.

É importante destacar que os softwares específicos de gerenciamento de alarmes e as funcionalidades adicionadas aos sistemas de supervisão tratam principalmente do monitoramento e diagnóstico do sistema de alarme, sendo necessário portanto que, como apresentado no ciclo de vida da ISA 18.2, outras atividades sejam realizadas para que o gerenciamento de alarmes seja efetivo.

Paralelamente às soluções voltadas para o gerenciamento de alarmes, inúmeros estudos e pesquisas vem sendo realizados na tentativa de otimizar os sistemas de alarme. Em [Foong et al., 2009] é apresentado um protótipo de sistema chamado de *Alarm Priorization* (ALAP) cuja função é, por meio da utilização de lógica nebulosa, priorizar os alarmes durante períodos de enxurradas de alarmes (*flooding*) o que poderia facilitar o trabalho dos operadores e torná-lo mais eficiente. Em [Liu et al., 2003] são apresentadas soluções para gerenciamento de alarmes com recursos mais inteligentes, capazes de proverem diferentes tipos de informação para auxiliar a operação, como por exemplo a supressão automática de alarmes repetitivos e contínuos. [Braune, 2008] propõem a modelagem das funcionalidades do gerenciamento de alarmes utilizando a linguagem gráfica de interface XVCML (eXtensible Visualization Components Markup Language) que foi desenvolvida para monitorar e operar processos técnicos na automação. Já em [Larsson et al., 2007] é apresentado um algoritmo, baseado na metodologia de modelagem conhecida como modelos de fluxo multiníveis (MFM – *Multilevel Flow Models*), cuja função é, em

tempo real, detectar a causa-raiz de uma situação de falha, reduzindo desta forma os alarmes em cascata à apenas um único evento. Seguindo esta linha, [Noguerol, 2002] sugere a utilização de rede Bayesiana em um sistema de supervisão existente no mercado como método de identificação de correlação de alarmes. [Aguiar et al, 2010] propõe a identificação de padrões de alarmes através da combinação de técnicas de mineração de sequências, mineração de regras de associação com MNR (Regras de associação Mínimas não Redundantes), análise de correlação cruzada e modelagem de redes complexas. Com a detecção de alarmes redundantes e sua supressão, um número menor de alarmes seria mostrado ao operador. Por fim, [Zupan et al, 2003] apresentam um framework de múltiplas camadas para o gerenciamento de alarmes, cujo gerenciador utiliza a máquina de estados finitos para representar uma instância de um alarme com as transições de estado disparadas como resultado da correlação de múltiplos alarmes. A correlação de alarmes é tratada por uma máquina de raciocínio baseada em regras, sendo que o conjunto dessas regras e suas ações correspondentes dependem das definições de alarmes que podem entrar no sistema.

2.8 Comentários Finais

Uma síntese do que há de mais relevante em gerenciamento de alarmes foi apresentada. Foram descritas as principais normas que tratam do assunto e a situação em que se encontra a maioria dos sistemas de alarmes em várias indústrias de diferentes setores localizadas na Europa e nos Estados Unidos.

Outro importante assunto apresentado foram as métricas de desempenho determinadas pelas normas EEMUA 191 e ISA 18.2. A partir delas é possível verificar a qualidade de um sistema de alarmes, sendo portanto, uma análise fundamental para o processo de reengenharia do sistema.

No capítulo seguinte é apresentado a implementação das técnicas de gerenciamento de alarmes no forno de reaquecimento de blocos de uma indústria siderúrgica localizada no estado de Minas Gerais.

GERENCIAMENTO DE ALARMES NO FORNO DE REAQUECIMENTO DE BLOCOS

O processo de laminação em indústrias siderúrgicas é composto basicamente por mecanismos de compressão, corte e resfriamento. Para que os materiais possam ser laminados é necessário seu aquecimento prévio, realizado em um forno de reaquecimento.

O forno de reaquecimento de blocos localizado na laminação primária de uma indústria siderúrgica, sobre o qual é desenvolvido este estudo de caso, é responsável por elevar a temperatura dos blocos vindos do lingotamento contínuo a valores próximos de 1250°C. O processo pode ser dividido em quatro grandes áreas: aquecimento (Heating), movimentação (Handling), escarfagem e sistemas auxiliares. Cada uma das quatro áreas possui um controlador lógico programável - modelo RSLOGIX 5000 - dedicado, porém, há apenas dois sistemas de supervisão configurados com o sistema SCADA InTouch. Um destes sistemas de supervisão é para o conjunto Heating/Handling e o outro para Escarfagem/Sistemas Auxiliares. A Figura 7 mostra um esquemático resumido da arquitetura de automação utilizada.

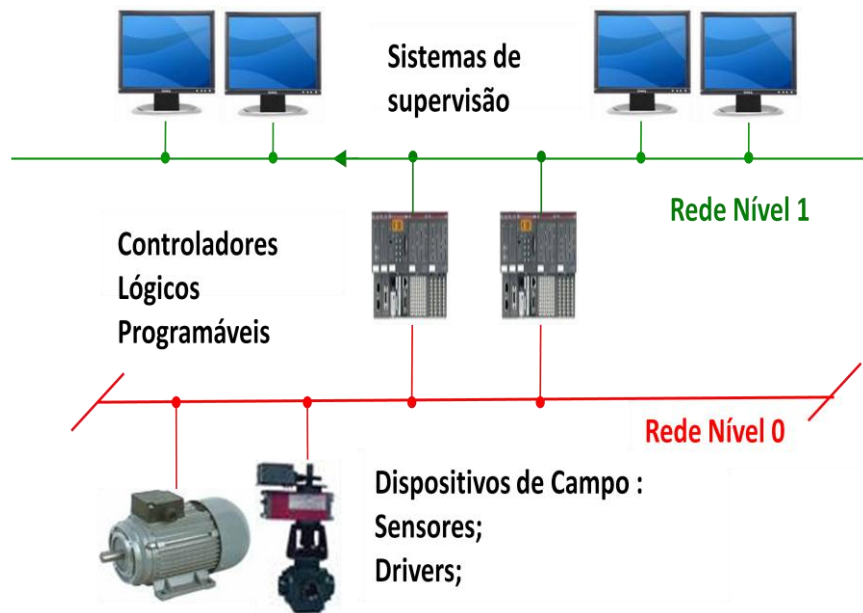


Figura 7 - Arquitetura de Automação do forno de reaquecimento de blocos.

Como pode-se perceber, fazem parte da rede de nível 1, por questões de projeto, tanto os controladores lógicos programáveis quanto o sistema de supervisão, tipicamente pertencente a rede de nível 2.

O sistema de alarme do conjunto Heating/Handling não é devidamente utilizado, uma vez que é gerado um número de informações muito grande. Este fato impede que ações corretivas sejam tomadas corretamente. Também não há registro de controle das ações realizadas pela operação para conter os alarmes ativos. Face a este desempenho observado, faz-se necessária a implementação do gerenciamento de alarmes no sistema Heating/Handling. Na base de dados do sistema de supervisão estão configuradas 5136 variáveis do tipo I/O (Input/Output). Destas, 2808 são variáveis discretas, 901 são variáveis inteiras e 1427 são variáveis do tipo real. Como alarme, estão configuradas 955 variáveis.

Nos tópicos seguintes são detalhadas cada uma das atividades realizadas.

3.1 Metodologia

Para a aplicação do gerenciamento de alarmes no forno de reaquecimento de blocos utilizou-se o ciclo de vida descrito pelo guia ISA 18.2 e as recomendações presentes na EEMUA 191. As etapas realizadas são ilustradas de forma simplificada na Figura 8 e detalhadas nas seções subsequentes.

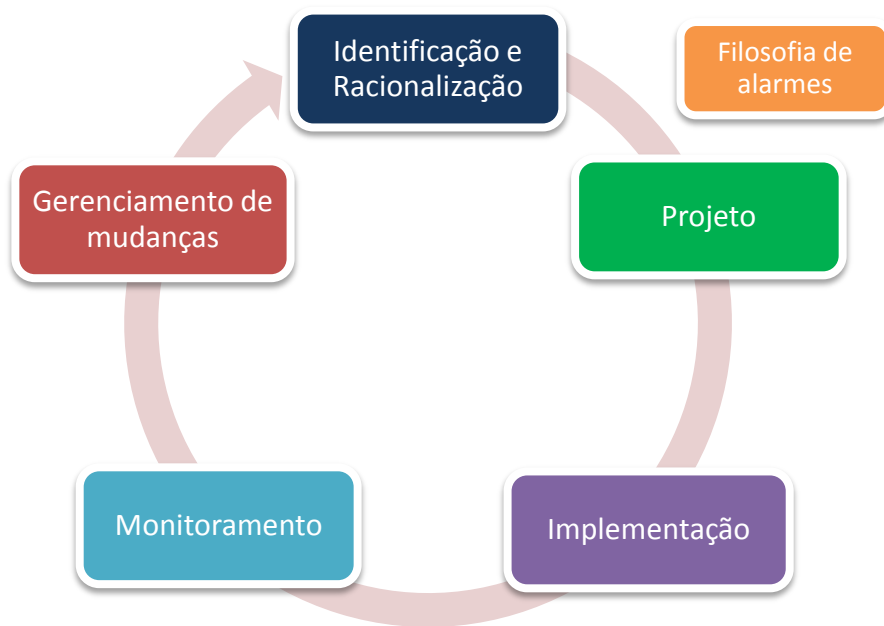


Figura 8 - Fluxo de atividades do gerenciamento de alarmes implementado baseado na ISA 18.2.

3.2 Filosofia de alarmes

O primeiro passo para implementação do gerenciamento de alarmes, como mostrado no capítulo 2, é a elaboração do documento de filosofia de alarmes. Uma vez que a área cliente, o forno de reaquecimento de blocos, não possuía o documento, foi necessário desenvolvê-lo. O guia para aplicação do gerenciamento de alarmes em processos industriais, o [ANSI/ISA, 2009], fornece diretrizes para a elaboração da filosofia e, a partir dele, foi criado o documento com o seguinte conteúdo:

1. Proposta do Sistema de Alarme
2. Definições
3. Papéis e responsabilidades no gerenciamento de alarmes
4. Princípios de projeto de alarmes
5. Racionalização
6. Definição da classe de alarmes
7. Guia de desenvolvimento de HMI
8. Métodos de priorização
9. Monitoramento de desempenho do sistema de alarme
10. Manutenção do sistema de alarme
11. Teste de alarmes
12. Guia para implementação
13. Gerenciamento de mudanças
14. Treinamento
15. Armazenamento de histórico de alarmes

Por se tratar de um documento cujo domínio é particular, não é possível sua reprodução na íntegra, porém, alguns dos itens citados anteriormente podem ser vistos no Apêndice A deste trabalho.

3.3 Avaliação Inicial

Antes de qualquer tipo de modificação no sistema de alarme é necessário realizar uma avaliação inicial do estado que ele se encontra. Para se verificar a “saúde” do sistema de alarme dois tipos de análises foram realizadas: a avaliação propriamente dita, e a identificação de problemas. As estatísticas foram obtidas a partir da importação dos arquivos de histórico de alarmes gerados pelo sistema de supervisão InTouch para a ferramenta Microsoft Access.

Os indicadores para avaliação do sistema propostos em [EEMUA, 2007] consistem em:

- Número de alarmes por dia
- Taxa de picos de alarmes
- Percentual de instabilidade
- Distribuição de prioridades
- Alarmes Contínuos

Para a identificação de problemas no sistema em estudo, foram feitas, além destas, as seguintes análises:

- Alarmes mais frequentes
- Alarmes ruidosos
- Enxurrada de alarmes

Foram utilizados os registros dos alarmes do período de 8/12/2009 até 30/01/2010. Desse total, consideram-se apenas aqueles nos quais a produção foi maior que 2100 toneladas, o que corresponde a 20 dias. A seguir cada um dos itens analisados.

3.3.1 Número de alarmes por dia

Um número alto de alarmes é a primeira razão para o operador não conseguir realizar todas as ações necessárias. Assim, a contagem do número de alarmes por dia é o primeiro índice de verificação do desempenho do sistema. No período analisado foram gerados 37.881 alarmes, com média de 1894 alarmes por dia. A Figura 9 apresenta o número de alarmes nos 20 dias de análise. Uma vez que há dois sistemas diferentes (Heating e Handling) para o mesmo sistema de alarme, é interessante verificar o número de ocorrências registradas para cada um deles, conforme mostra a Figura 10.

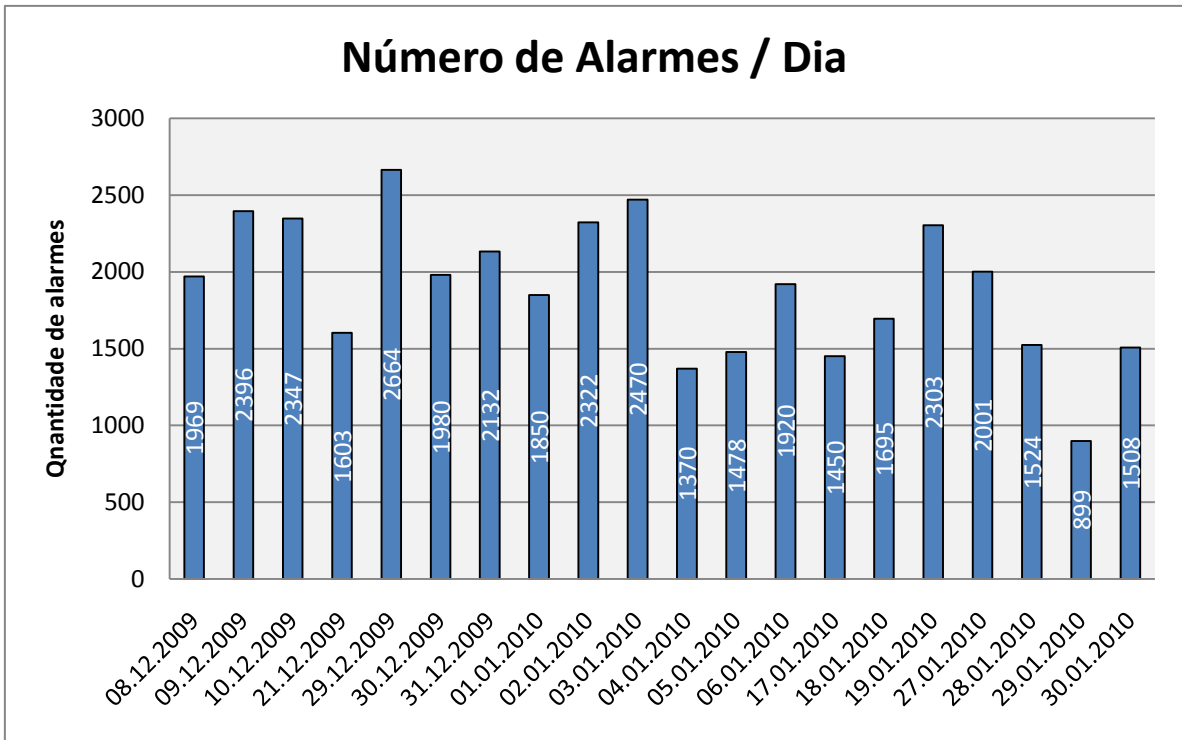


Figura 9 - Número de alarmes por dia.

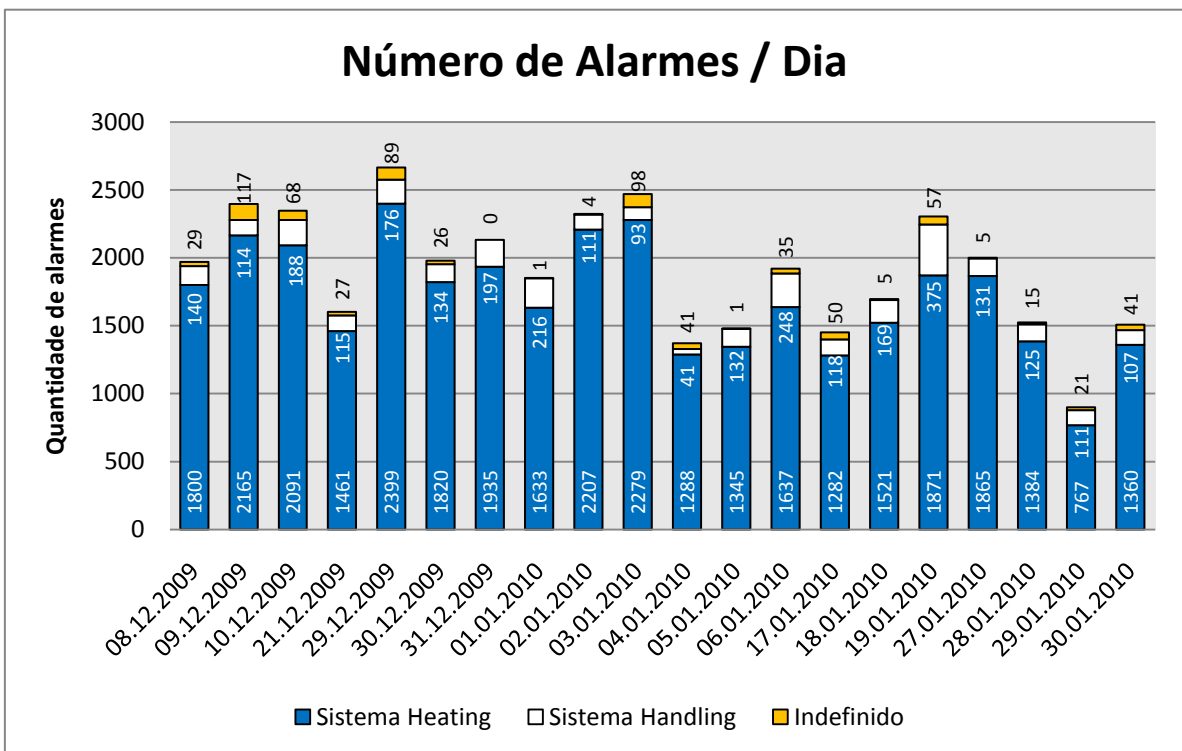


Figura 10 - Número de alarmes por dia por sistema.

Observa-se que o sistema Heating é o grande responsável pelo alto número de alarmes gerados. Este fato pode ser explicado, dentre outras coisas, pelo grande número de variáveis analógicas utilizadas, enquanto o sistema Handling apresenta variáveis discretas em maior número. Alarmes indefinidos foram aqueles que, erroneamente, não estavam classificados nem como Heating, nem como Handling.

3.3.2 Taxa de pico de alarmes

A taxa de pico diz respeito à maior quantidade de alarmes gerados no intervalo de 10 minutos. Mais de 10 alarmes neste período pode ultrapassar a capacidade do operador em responder de forma eficiente cada um dos alarmes gerados [ANSI/ISA, 2009]. No período analisado, o maior número de alarmes no intervalo de 10 minutos foi de 177. Valor muito superior à capacidade do operador em gerenciar os alarmes gerados.

3.3.3 Percentual de instabilidade

É o percentual de tempo em que ocorreu mais de 30 alarmes no intervalo de uma hora. Nesta situação, considera-se que o sistema encontra-se instável. Para esta análise os alarmes são contados em intervalos regulares de uma hora, por exemplo, de 0:00.00 às 00:59.59, de 01:00.00 às 01:59.59 e assim por diante. Assim como a taxa de pico de alarmes, este indicador revela o grau de sobrecarga do operador com relação aos alarmes gerados.

A Figura 11 mostra os percentuais de instabilidades obtidos por dia.

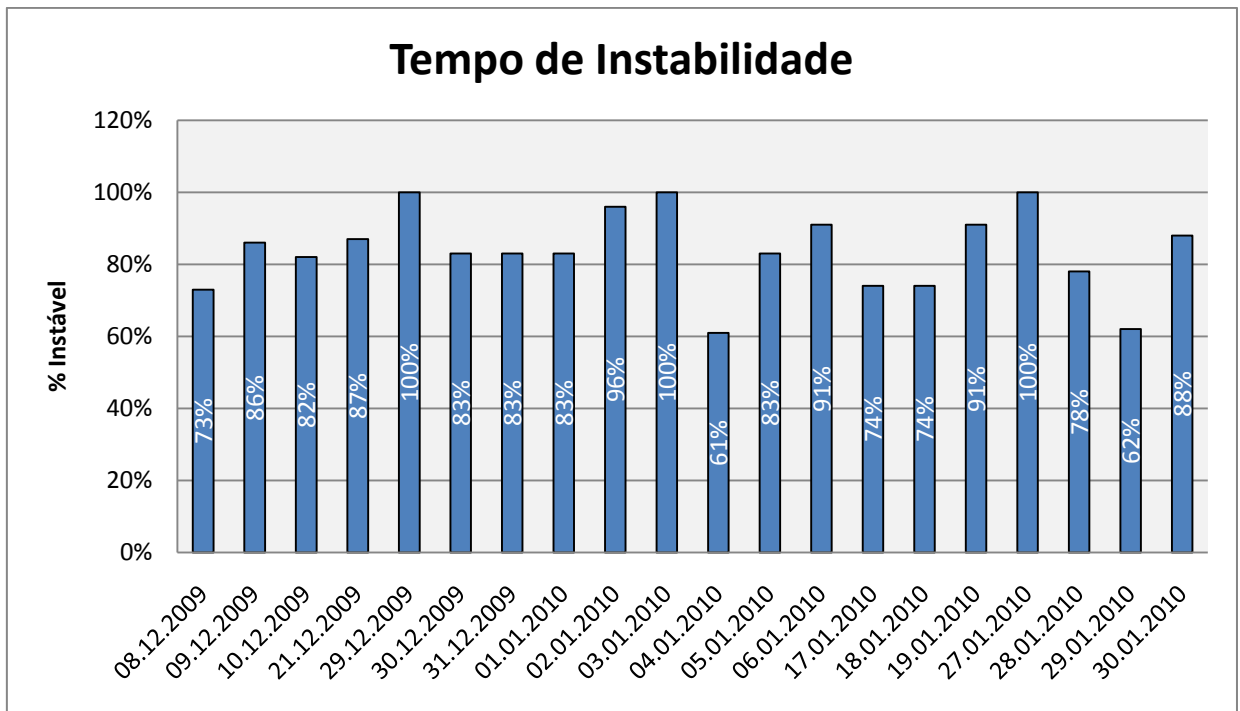


Figura 11 - Percentual de instabilidade.

Observa-se que em três dias o sistema operou com mais de 30 alarmes por hora durante o dia inteiro. A média de percentual de instabilidade do período analisado foi de 84%, um valor extremamente alto.

3.3.4 Distribuição de prioridades

A distribuição de prioridades de alarmes é um dos recursos mais importantes no auxílio da resposta do operador. O seu uso efetivo pode aumentar a habilidade da operação em gerenciar os alarmes e prover respostas apropriadas [ANSI/ISA, 2009]. No sistema em estudo, não há priorização de alarmes, o que dificulta a tomada de ação adequada na presença de vários alarmes.

3.3.5 Duração de alarmes

A duração de alarmes é uma importante característica a ser analisada, pois permite detectar alguns dos principais problemas nas configurações de alarmes.

Dois extremos merecem atenção especial: alarmes com duração de horas ou dias (conhecidos como alarmes contínuos ou *standing/stale alarms*) e alarmes repetitivos com duração muito curta (conhecidos como alarmes de incômodo ou *chattering alarms*). O primeiro, além de poluir a lista de alarmes pode indicar alarmes obsoletos, alarmes falsos ou configurados errados, ou, em última análise, falta de manutenção adequada da equipe responsável pela área. O segundo caso pode representar configuração inadequada de limites de alarmes ou necessidade de adição de banda morta e, geralmente, representam os alarmes mais frequentes da lista de histórico de alarmes.

Devido ao recurso utilizado para realizar a análise estatística, não foi possível determinar aqueles alarmes com duração superior a um dia, já que o histórico diário registra apenas aqueles alarmes que foram disparados no dia. Assim, baseado nas características do processo, foi feita a análise para alarmes com duração inferior a cinco segundos - Figura 12 - e superior a uma hora - Figura 13.

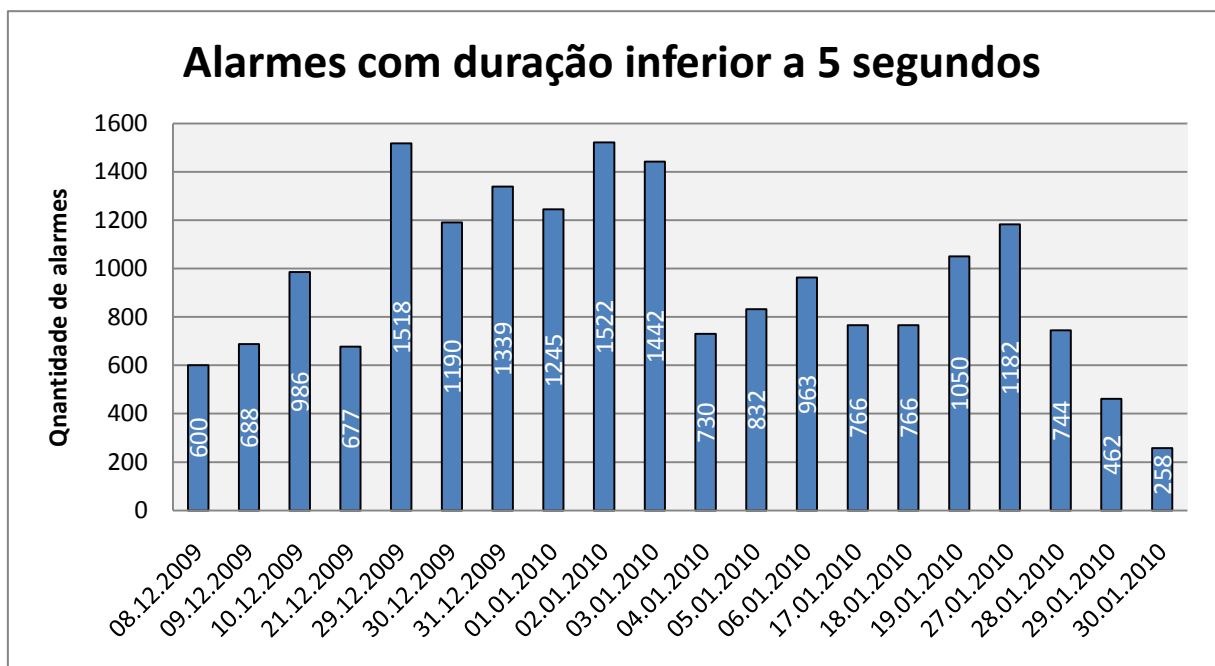


Figura 12 - Alarmes com duração inferior a 5 segundos

Verifica-se que foi registrado um número muito elevado de alarmes curtos e repetitivos, representando mais da metade do total de alarmes gerados (52%).

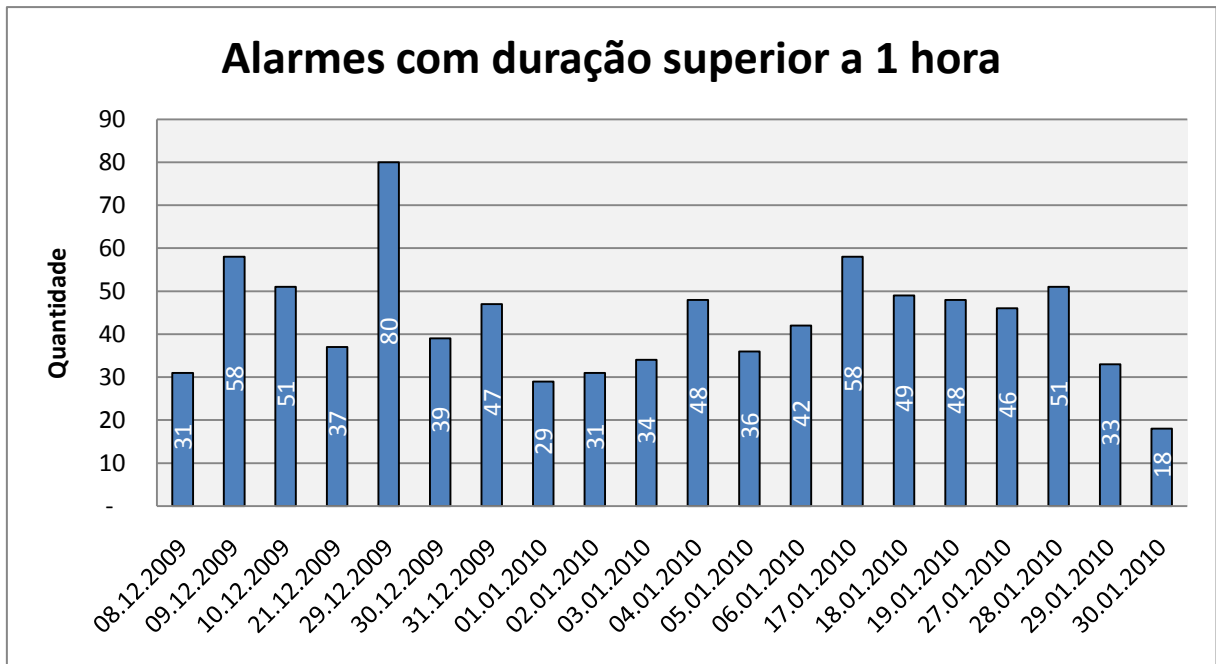


Figura 13 - Alarmes com duração superior à 1 hora

Os alarmes de duração longa foram responsáveis apenas por 4% do total de alarmes gerados. As duas análises feitas revelam um bom indício da origem dos problemas do sistema de alarme do forno: alarme(s) de curta duração e repetitivo(s).

3.3.6 Alarmes mais frequentes

Geralmente, um número pequeno de alarmes, conhecidos como alarmes ruidosos ou *bad actors*, é responsável pela maior parte dos alarmes gerados. O ajuste/correção destes alarmes proporciona uma melhoria significativa no sistema [EEMUA, 2007; ANSI/ISA, 2009]. A Figura 14 apresenta os vinte alarmes mais frequentes no período analisado.

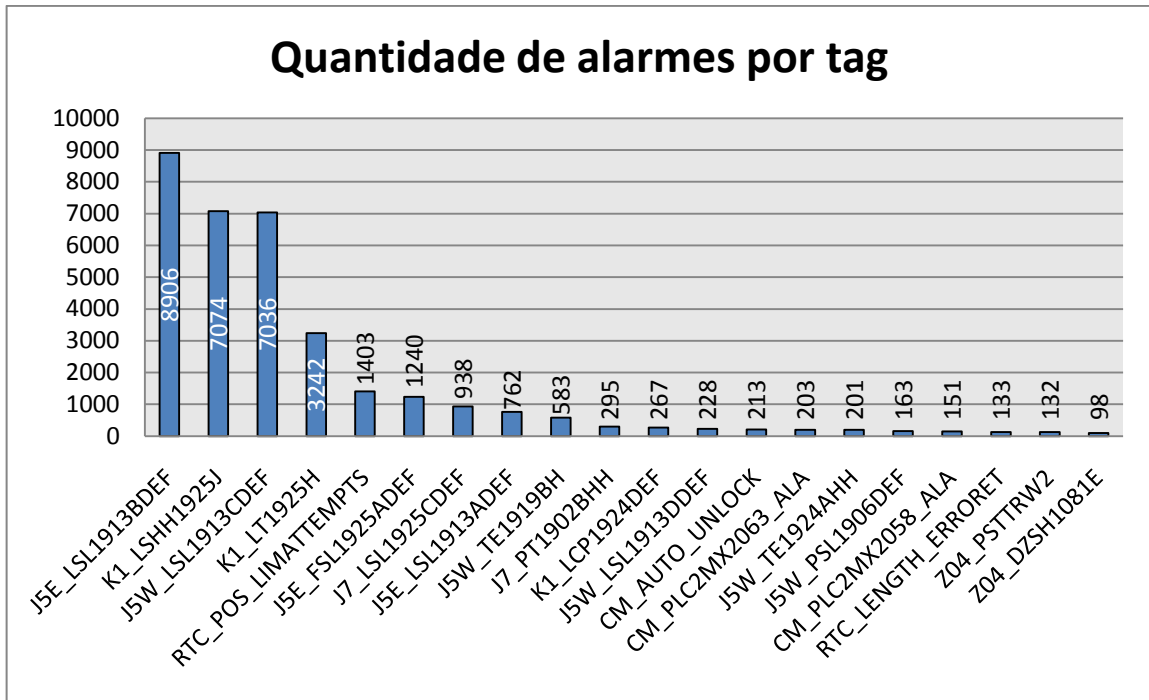


Figura 14 - Alarmes mais frequentes

Como é possível observar, a distribuição de frequência de alarmes tem um comportamento exponencial decrescente, comprovando a afirmação de que poucos alarmes são responsáveis pela maioria dos alarmes gerados. Estes devem ser os primeiros alarmes avaliados.

Novamente, a análise separada por sistema é realizada e pode ser visto nas Figura 15 e Figura 16.

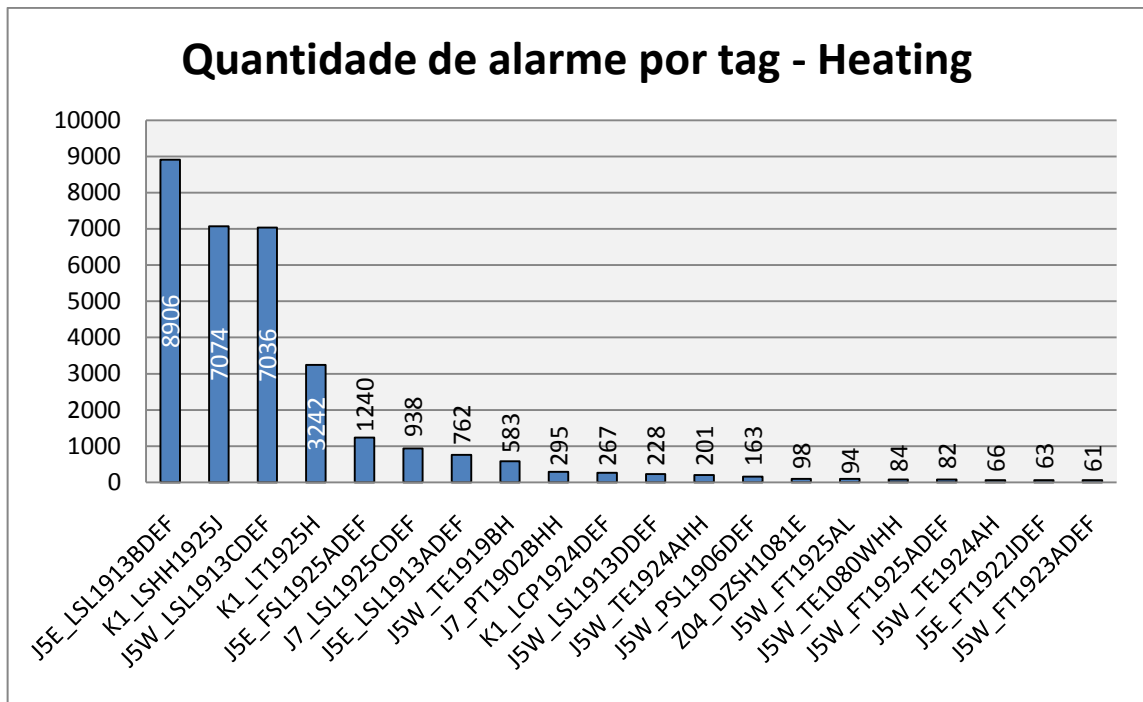


Figura 15 – Alarmes mais frequentes - Sistema Heating

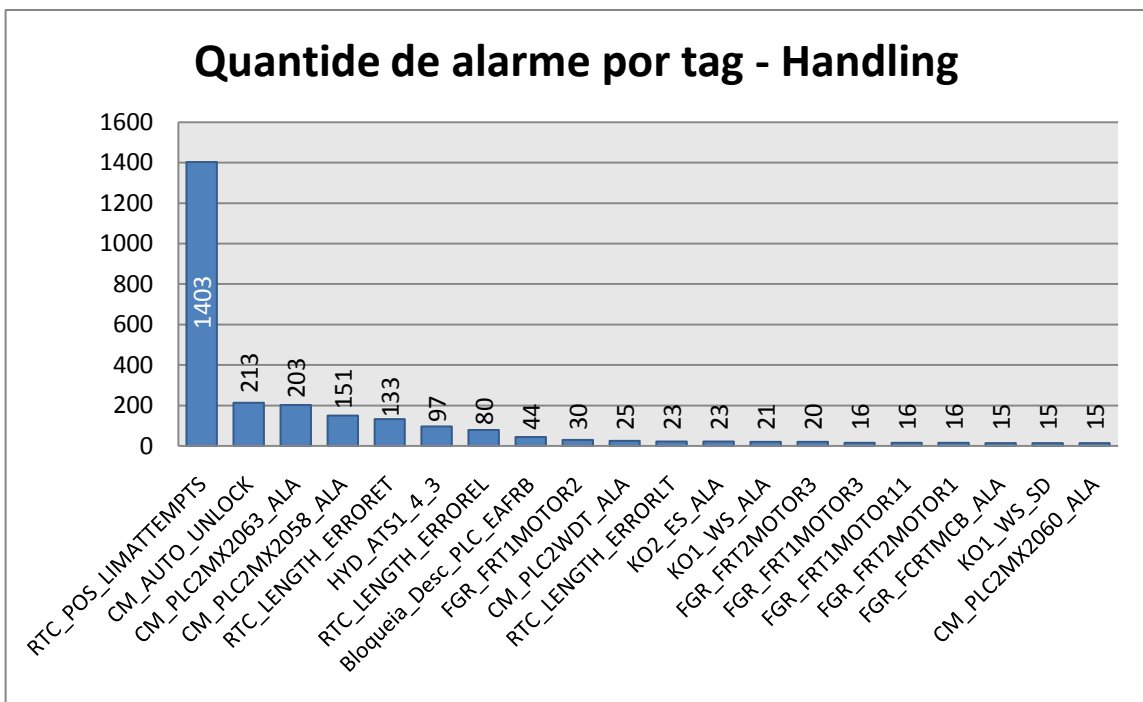


Figura 16 – Alarmes mais frequentes - Sistema Handling

Pelas Figura 15 e Figura 16 pode-se observar que o sistema Heating apresenta muito mais alarmes ruidosos do que o sistema Handling. Esta observação confirma a análise feita no item 3.3.1, de que este sistema é o maior responsável pelo grande número de alarmes gerados.

3.3.7 Alarmes ruidosos (*bad actors*)

A Tabela 4 mostra os alarmes ruidosos e seus percentuais com relação ao número total de alarmes gerados.

Tabela 4 - Alarmes ruidosos

Tag	Descrição	Total	%
J5E_LSL1913BDEF	LSL1913B - Nível baixo da água na calha de selagem B	8906	23,5%
K1_LSHH1925J	LSHH1925J - Nível muito alto nas torres de resfriamento	7074	18,6%
J5W_LSL1913CDEF	LSL1913C - Nível baixo da água na calha de selagem C	7036	18,5%
K1_LT1925H	LT1925 - Nível alto tanque de expansão	3242	8,5%

Como se pode ver, os *bad actors* são responsáveis por 69% do total de alarmes e são os principais responsáveis pela sobrecarga dos operadores. E, segundo [Farina et al., 2008], na maioria das vezes estes alarmes podem ser eliminados com adequação de banda morta, podendo também indicar range dos transmissores inadequados, sinais com ruído ou ajuste inadequado de controlador.

3.3.8 Enxurrada de alarmes (*flooding*)

A enxurrada de alarmes é definida como o período em que o número gerado de alarmes supera a capacidade do operador em respondê-los corretamente

[ANSI/ISA, 2009] e, geralmente, ocorre em períodos de distúrbio da planta. A Tabela 5 mostra os três principais períodos em que houve um grande número de alarmes gerado.

Tabela 5 - Períodos de enxurrada de alarmes

Dia	Número de alarmes	Tempo Total(min)	Alarmes/min
19/01/2010	308	60	5,13
02/01/2010	300	60	5
27/01/2010	292	60	4,86

Observa-se que, de fato, em momentos de enxurrada de alarmes a ação do operador fica comprometida, uma vez que o número de alarmes é muito alto, chegando a uma taxa de 5 alarmes por minuto.

3.3.9 Diagnóstico do sistema de alarme

A partir das análises feitas é possível verificar como se encontra o sistema de alarme do forno. Conforme apresentado na Tabela 6, os índices de número médio de alarmes por dia, número máximo de alarmes no intervalo de 10 minutos, percentual de tempo instável e distribuição de prioridade são comparados com os valores considerados ideais pela EEMUA 191.

Tabela 6 - Índices FRB antes

Índice	EEMUA	FRB
Média de Alarmes por dia	144	1894
Pico de alarmes por 10 minutos	10	177
Percentual de tempo instável	1	84
Distribuição de prioridades (Baixa/Média/Alta)	80/15/5	0/0/100

Levando em consideração os dados apresentados fica claro que o sistema de alarme do forno de reaquecimento de blocos apresenta um desempenho muito abaixo do considerado aceitável pela EEMUA. Os números comprovam a dificuldade de utilização do sistema relatada no começo deste capítulo, uma vez que o grande número de alarmes gerado supera a quantidade máxima que o operador é capaz de responder adequadamente.

Baseado no número médio de alarmes por hora e no número máximo de alarme por hora, a EEMUA 191 estabelece - vide Figura 17 - os seguintes níveis de classificação, onde "X" corresponde ao nível de referência desejado.



Figura 17 - Classificação sistema de alarme

Cada nível apresenta uma característica particular e são descritos da seguinte forma pela EEMUA 191:

Tabela 7 - Níveis de desempenho do sistema de alarme. Adaptado de [Brown, 2003].

Nível	Descrição
SOBRECARRREGADO	Neste nível o sistema de alarme é submetido a uma alta taxa contínua de alarmes e piora rapidamente durante distúrbios do processo. Ele é geralmente percebido em sistemas recém comissionados.
REATIVO	É considerado o nível inicial mínimo da maioria das plantas. É típico em sistemas recém comissionados que foram implementados com o mínimo das boas práticas ou um sistema existente que recebeu alguma atenção.
ESTÁVEL	O sistema de alarme é bem definido para a operação normal, mas menos útil durante distúrbios ou emergências, com melhoras na taxa média de alarmes e na taxa de alarmes durante picos de alarmes quando comparado ao nível reativo.
ROBUSTO	O sistema de alarme é confiável durante todos os modos de operação, incluindo operação normal, distúrbios e emergências. O uso de técnicas dinâmicas para melhorar o desempenho em tempo real do sistema de alarme é susceptível de ser aplicado.
PREDITIVO	O sistema de alarme é estável e prove o operador com a informação correta no momento certo para evitar distúrbios ou minimizar o impacto de qualquer distúrbio que possa ocorrer.

A partir dos dados analisados o sistema de alarme em estudo pode ser classificado da seguinte forma, onde “▲” representa a classificação do sistema de alarme do FRB e “x”, o valor de referência EEMUA.

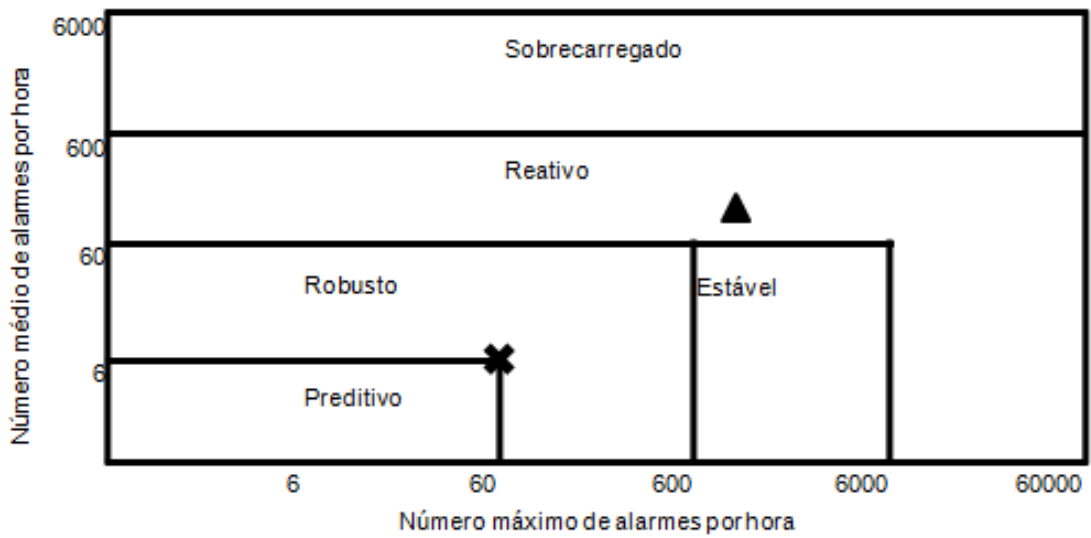


Figura 18 - Classificação inicial do sistema de alarme

Observa-se que o sistema é classificado como reativo, ficando longe da classificação considerada ideal pela EEMUA.

A Figura 19 mostra o desempenho do sistema de alarme considerando cada dia individualmente.

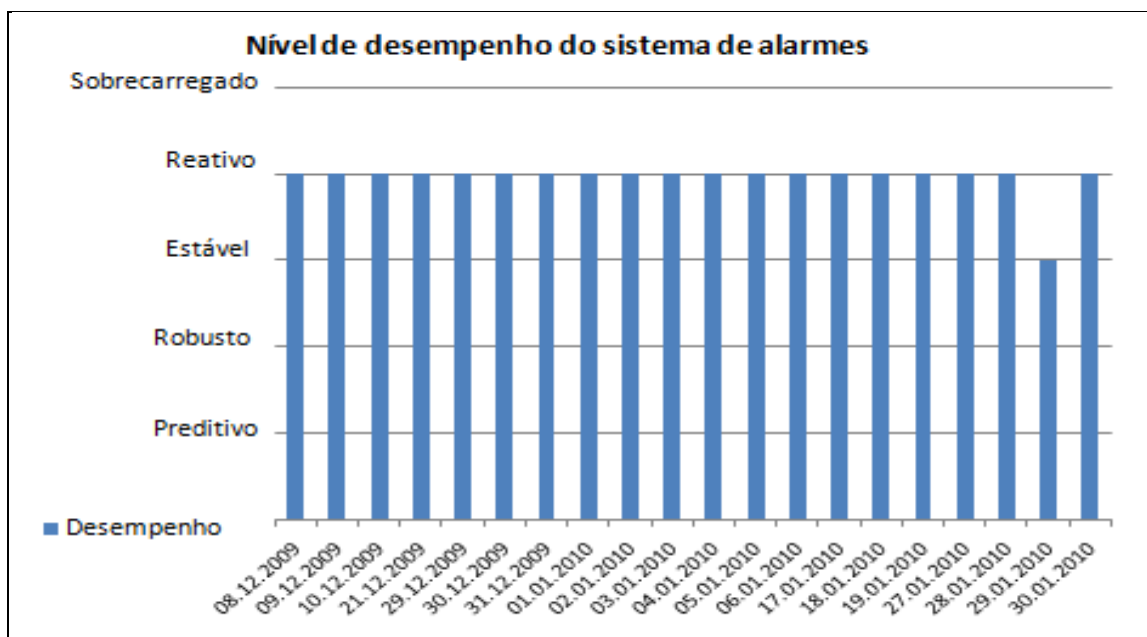


Figura 19 - Desempenho inicial do sistema de alarme

Verifica-se que, de fato, o desempenho médio do sistema de alarme, considerando o período analisado, foi reativo. Esta classificação é coerente com a realidade do sistema de alarme do FRB, uma vez que, visando sua melhoria, poucas modificações no sistema original foram feitas.

3.4 Gerenciamento de mudanças

Uma vez realizado o diagnóstico inicial e identificado os problemas, foram definidos os passos, procedimentos e equipe para realizar a reengenharia do sistema de alarme. Vale lembrar que todas as modificações propostas foram embasadas no documento de filosofia de alarmes desenvolvido.

3.5 Identificação e Racionalização

A racionalização de alarmes consiste em uma investigação sistemática da base de dados de alarmes para assegurar que seus parâmetros estão devidamente configurados [Koene et al., 2002]. Tendo como base o documento de filosofia de alarmes, foram realizadas as seguintes atividades:

1. Remoção de 125 alarmes (13% do total) que não desempenhavam o papel de alarme - notificar o operador sobre a ocorrência de uma anormalidade que necessita de uma ação a ser tomada, mesmo que mental [EEMUA, 2007]. Os motivos da remoção podem ser vistos na Tabela 8.

Tabela 8 - Motivo de remoção de alarmes

Motivo	Descrição
Informativo	Representa um evento, não um alarme.
Intertravamento	Representa um elemento de intertravamento da lógica desenvolvida. Sua atuação acarreta ativação/desativação de outro sistema. Não é requisitada ação do operador.
Alarme correlacionado	É gerado a partir do disparo de outro alarme, não sendo necessária sua existência.
Alarme falso	Tag configurada erroneamente como alarme.
Sistema Removido	Alarme proveniente de um sistema/equipamento já removido.

2. Modificação de 105 alarmes (11% do total) para que estes fossem mais representativos e significativos, evitando indicação de condição de anormalidade quando a mesma não existe. Conforme a Tabela 9, foram realizadas as seguintes alterações:

Tabela 9 - Modificações realizadas em alarmes

Modificação	Descrição
Adição de filtros	Foram adicionados filtros visando atraso no sinal e, consequentemente, no alarme.
Limite de alarme	Foram corrigidos limites superiores e inferiores de alarmes
Lógica de intertravamento	Foram alteradas lógicas de intertravamento para corrigir situações alarmadas incorretamente.

3. Adição de 21 alarmes para que fossem indicadas situações que pudessem comprometer a estabilidade/funcionamento do processo.

4. Atribuição de prioridades a todos os alarmes. A metodologia de priorização utilizada está definida no documento de filosofia de alarmes desenvolvido e pode ser verificada no item 3.6.2.
5. Mudança de descrições incorretas de alarmes, de forma a torná-los mais claros e explicativos.

Um caso particular dos alarmes registrados são aqueles que apresentaram uma ocorrência muito superior aos demais. Conforme visto no item 3.3.7 eles são conhecidos como alarmes ruidosos e a análise de cada um pode ser vista no item seguinte.

3.5.1 Análise dos alarmes ruidosos

Como já observado, apenas 4 alarmes foram responsáveis por grande parte do total de alarmes gerados. Segundo [EMMUA, 2007], estes alarmes geralmente estão configurados incorretamente e por isso apresentam grande taxa de ocorrência. A seguir as análises feitas para cada um dos alarmes ruidosos detectados.

- **Tag:** J5E_LSL1913BDEF

Descrição: LSL1913B - Nível baixo da água na calha de selagem B

Percentual de ocorrência: 23,5%

Análise: A partir de uma tubulação principal quatro calhas são alimentadas. Em intervalos fixos de tempo a água destas calhas é, via válvula de retenção, escoada para o processo. Assim que é enviado o comando de abertura para a válvula, o nível de água da respectiva calha diminui, sendo restabelecido apenas após seu fechamento. Passado algum tempo do início do escoamento, o alarme é acionado. Trata-se de um alarme incorreto, uma vez que a condição de nível baixo é normal, visto que a abertura da válvula está possibilitando o escoamento da água.

Solução: Uma solução viável para este problema foi alterar a lógica de intertravamento do PLC do Heating para evitar o disparo incorreto do alarme. A condição de alarme foi vinculada a situação em que a válvula de contenção se encontra. Assim, o alarme de nível baixo de água na calha só é disparado caso a válvula esteja fechada, uma vez que nesta condição a água estaria retida na calha e a detecção de nível baixo de água poderia indicar algum furo na tubulação.

- Tag: K1_LSHH1925J

Descrição da tag: LSHH1925J - Nível muito alto nas torres de resfriamento

Percentual de ocorrência: 18,6%

Análise: As torres de resfriamento, como o próprio nome diz, são responsáveis por resfriar a água recirculada do sistema de resfriamento. Esta torre possui em sua região superior um medidor de nível para que a água não transborde. Assim que o nível de água atinge seu valor máximo um alarme é gerado e, automaticamente, uma bomba para extração de água é acionada. O operador não tem nenhuma ação, já que a remoção de água, visando diminuir o nível no tanque, é feita de forma automática e não necessita sequer de seu conhecimento.

Solução: A tag K1_LSHH1925J foi configurada como evento e não como alarme.

Os outros dois alarmes ruidosos, cujas tags são J5W_LSL1913CDEF e K1_LT1925H, são causados pelos mesmos motivos descritos para as tags J5E_LSL1913BDEF e K1_LSHH1925J, respectivamente. Assim, a mesma solução foi adotada para estas variáveis. Vale lembrar que os quatro alarmes analisados fazem parte do sistema Heating.

Como mostrado no item 3.3.6, o sistema Handling apresentou um alarme muito mais frequente que os demais e a seguinte análise foi realizada:

- Tag: RTC_POS_LIMATTEMPTS

Descrição: CARREGAMENTO - LIMITE DE TENTATIVAS DE POSICIONAMENTO

Percentual de ocorrência: 3,8% (45% com relação ao sistema Handling)

Análise: Os blocos oriundos dos rolos de carregamento devem ser posicionados corretamente na entrada do forno. Este procedimento é feito por meio de sensores e de maneira automática. Após sua terceira tentativa, o posicionamento deve ser feito de forma manual. Nesta situação, o alarme de limite de tentativas de posicionamento é gerado. Sempre que o posicionamento manual é solicitado, uma tela permitindo a movimentação dos rolos para posicionar o bloco é mostrada. Este alarme torna-se, desta forma, desnecessário, uma vez que a operação não necessita tomar conhecimento de sua existência, já que a tela indicando o posicionamento manual automaticamente é gerada.

Solução: A tag RTC_POS_LIMATTEMPTS foi configurada como evento.

Como foi possível verificar, os alarmes com ocorrência muito superior aos demais estavam incorretamente configurados, contribuindo significativamente para a sobrecarga do sistema de alarme. Vale lembrar que este tipo de análise foi realizado para todos os alarmes existentes, resultando nas modificações já apresentadas no item 3.6.

3.5.2 Priorização de alarmes

A priorização é uma importante atividade na etapa de racionalização. Segundo [EEMUA, 191], três níveis de prioridades (baixo/médio/alto) são ergonomicamente eficientes para apresentações normais de alarmes. Um quarto nível (crítico) ainda seria possível e representaria riscos ambientais, econômicos e de segurança significativos. Neste trabalho os alarmes foram classificados utilizando-se apenas três níveis de priorização. Aqueles alarmes cujos riscos são significativos foram incorporados no nível alto.

A classificação de prioridade dos alarmes levou em conta 3 aspectos:

- Consequência
- Importância

- Urgência

A consequência está relacionada a aspectos de segurança, produção/equipamento e meio ambiente e pode apresentar quatro níveis de importância: menor, média, maior e extrema. A urgência está ligada ao tempo de resposta necessário para uma ação ser tomada, sendo classificada como curto (< 5 min), médio (entre 5 e 15 min) ou longo (>15 min). Tendo como base os aspectos citados a Tabela 10 foi montada para identificar a prioridade de cada alarme:

Tabela 10 – Critérios de priorização de alarmes

Priorização de alarmes				
Segurança	-----	-----	Equipamento de segurança fora de operação	Lesão, invalidez ou morte
Meio Ambiente	-----	Possibilidade remota de violação de limite ambiental	Situação com alguma possibilidade de violação dos limites ambientais	Situação com potencial real de violação dos limites ambientais
Produção / Equipamento	Pequenas perturbações no processo / Danos insignificantes a equipamentos (sobressalente disponível)	Perturbações moderadas no processo / Danos de baixo custo aos equipamentos	Parada do processo / Dano significativo ao equipamento	Perda de produção / Equipamento destruído
Importância	MENOR	MÉDIO	MAIOR	EXTREMA
Urgência				
< 5 min.	MÉDIO	MÉDIO	ALTO	ALTO
5 - 15 min.	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO
> 15 min.	BAIXO	BAIXO	MÉDIO	ALTO

Cada alarme é analisado segundo sua relação importância/urgência. Para aqueles que estavam relacionados com mais de uma consequência prevaleceu a prioridade mais alta, conforme sugerido por [EEMUA, 2007].

3.6 Projeto

Na etapa de projeto procura-se adequar o sistema de supervisão para atender as características de HMI propostas no documento de filosofia de alarmes.

Como forma de facilitar a visualização dos alarmes com diferentes prioridades, a lista de sumário de alarmes foi dividida em três partes, onde cada uma delas apresenta os alarmes de uma mesma prioridade.

Uma das modificações mais importantes realizadas diz respeito ao monitoramento de desempenho do sistema de alarme. Visando atender a etapa de monitoramento, prevista no ciclo de vida do gerenciamento de alarmes proposto em [ANSI/ISA, 2009], foi desenvolvido na linguagem de programação Visual Basic, uma vez que a HMI utilizada não dispõe deste recurso, um aplicativo responsável por realizar levantamentos estatísticos dos alarmes gerados. Detalhes do funcionamento do aplicativo são mostrados no item 3.6.2. As informações relacionadas a seguir são disponibilizadas no sistema de supervisão:

- Número de alarmes por dia
- Tempo de instabilidade
- Taxa de pico de alarmes
- Distribuição de prioridades
- Distribuição de alarmes por área

Um gráfico com a distribuição dos alarmes mais frequentes também foi adicionado, porém neste caso, utilizou-se o componente ActiveX, nativo do sistema de supervisão.

Todas as telas desenvolvidas podem ser visualizadas no Apêndice B – Projeto de HMI.

3.6.1 Tabela de supressão de alarmes

Um importante recurso adicionado ao sistema de supervisão é a supressão de alarmes. Com ela é possível desabilitar aqueles alarmes que, por algum motivo, não necessitem de ser sinalizados para operador. Esta situação é muito frequente, por exemplo, quando algum equipamento não está em funcionamento e necessita de manutenção - desde que seu não funcionamento não resulte em perdas para o processo.

Segundo [EEMUA 191, 2007], a supressão é muito valiosa, mas deve ser aplicada com cuidado. Problemas de segurança vem crescendo devido ao uso inapropriado da supressão.

No sistema de supervisão foi criado uma tabela – Figura B.4 - na qual é possível fazer uma busca pela tag do alarme que se deseja desabilitar. Encontrada a tag basta alterar seu status de habilitada para desabilitada. Todos os alarmes desabilitados permanecem na tabela de supressão.

Como forma de controle, a supressão de um alarme requer a aprovação do responsável pelo processo e está condicionada a utilização de senha.

3.6.2 Integração do sistema de supervisão com o aplicativo desenvolvido

Como mostrado em [Wonderware, 2007] a estrutura de alarmes do sistema de supervisão InTouch, representado na Figura 20, é composta dos seguintes elementos:

- Um gerenciador de alarmes que trata os alarmes ativos (sumário de alarmes) e os históricos de alarmes e eventos. O sumário e o histórico são mantidos na memória interna de alarmes.
- Um aplicativo (Alarm DB Logger) responsável por armazenar os históricos de alarmes e eventos em uma base de dados de alarme do tipo SQL Server
- Um aplicativo de impressão (Alarm Printer) que salva em disco histórico de alarmes e eventos
- E um conjunto de componentes ActiveX responsáveis por fazer a interface do banco ou memória de alarmes com o sistema de supervisão.

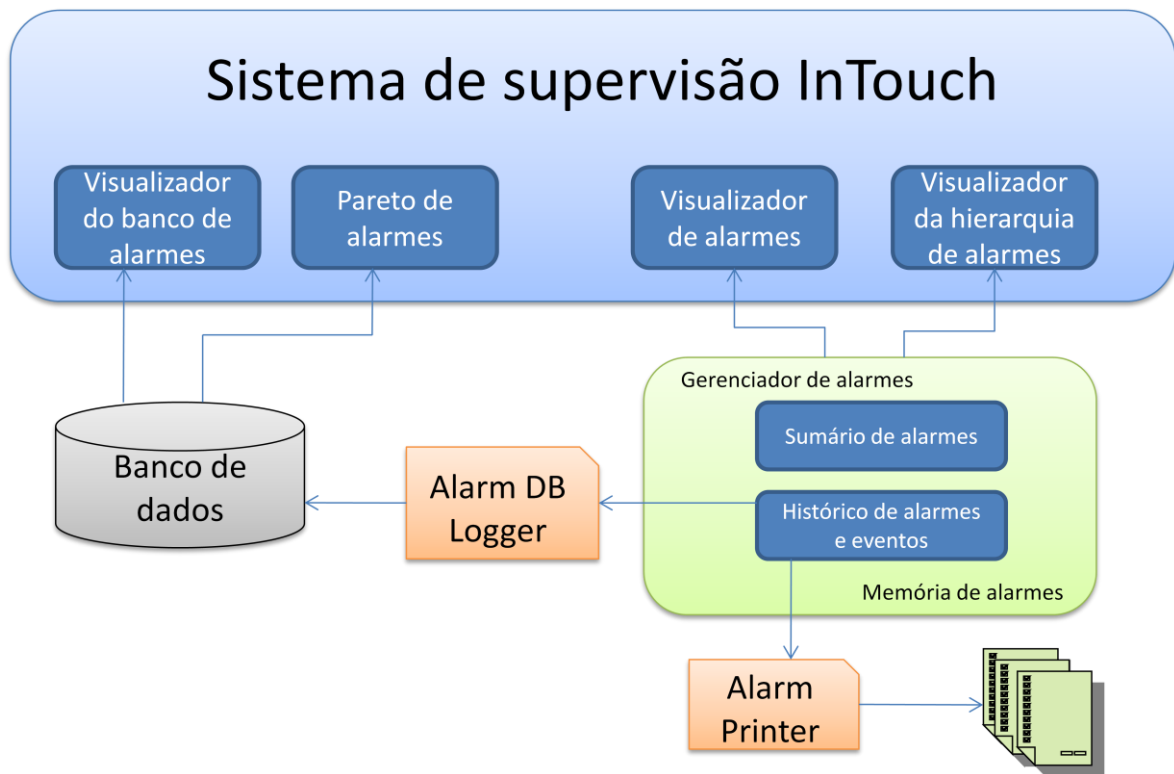


Figura 20 - Estrutura do sistema de alarme InTouch. Adaptado de [Wonderware, 2007]

Como observado, há duas formas de acessar os alarmes registrados para fins de monitoramento: consultando diretamente o banco de dados de alarmes ou consultando os arquivos históricos salvos em disco. A primeira opção é mais robusta e prática, uma vez é feita através de comandos SQL. Já a segunda é mais simples uma vez que acessa diretamente arquivos em formato de texto.

Optou-se pelo acesso aos arquivos salvos em disco, já que estes poderiam ser armazenados no servidor de dados, centralizando, desta forma, o histórico de alarmes em uma única estação. Outro motivo da escolha desta solução foi que a mesma não necessitou da aquisição de nenhum outro recurso que já não estivesse disponível.

O sistema de supervisão InTouch foi configurado para salvar na estação servidora de dados, no formato CSV (*comma-separate values* – valores separados por vírgula), o histórico de alarmes. A partir deste arquivo o aplicativo desenvolvido, intitulado “GeraEstatistica”, calcula e salva em arquivo texto as estatísticas diárias. A nova estrutura de alarmes do sistema de supervisão é apresentada na Figura 21. Além da integração do sistema de supervisão com o aplicativo desenvolvido, a figura mostra a funcionalidade de supressão de alarmes adicionada.

O forno de reaquecimento de blocos não possui um servidor único para o sistema HMI, sendo que cada uma das estações de supervisão existente troca dados diretamente com o sistema de controle do processo. Como são utilizadas quadro estações de supervisão, foi atribuído a apenas uma delas, denominada de estação “mestre”, a responsabilidade por salvar os dados no servidor, garantindo desta forma a consistência dos dados mostrados por todas as estações. A estação mestre pode ser alterada a qualquer momento, facilitando assim a manutenção do sistema.

Ao se navegar pelas telas de monitoramento de alarmes, o sistema de supervisão faz a leitura das estatísticas geradas e apresenta os dados em formato gráfico. O desenho esquemático da integração do sistema de supervisão com o aplicativo de cálculo de estatística e os demais elementos da arquitetura de automação pode ser visualizado na Figura 22.

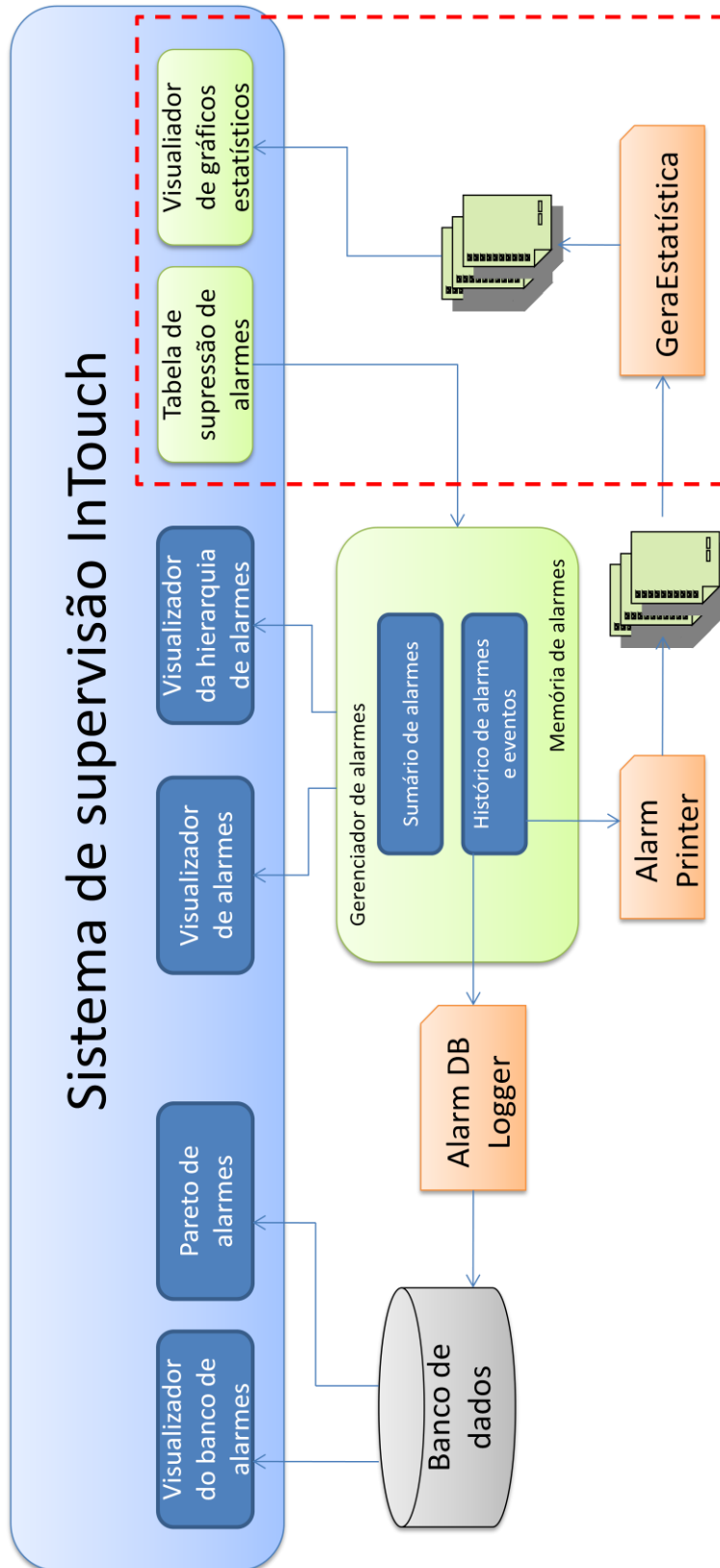


Figura 21 - Estrutura do sistema de alarmes InTouch integrado com o aplicativo desenvolvido

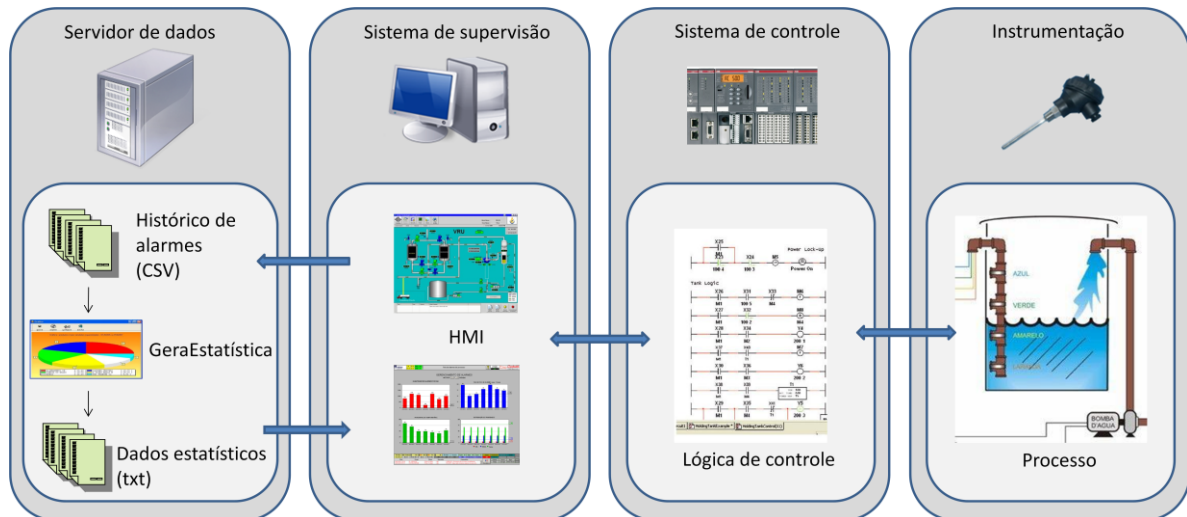


Figura 22 - Fluxo de dados para monitoramento do sistema de alarme

É importante destacar que o monitoramento é totalmente automatizado. A requisição dos cálculos das análises estatísticas é feita pelo sistema de supervisão nos primeiros segundos de cada dia e os dados gerados são carregados nas telas de monitoramento assim que o operador as seleciona. Esta solução difere da grande maioria dos trabalhos publicados nesta área, já que eles utilizam softwares comercializados por empresas de sistemas de automação. Outra importante característica da solução de monitoramento de alarmes desenvolvida é sua integração com o sistema de supervisão. Uma vez que os operadores possuem muitas atribuições, uma aplicação independente poderia tornar a ferramenta subutilizada.

3.7 Implementação

A implementação consiste em aplicar ao sistema de alarme as alterações realizadas nas fases anteriores e podem ser definidas da seguinte forma:

- Atualização do sistema de alarme (PLC e HMI) com as modificações realizadas
- Atualização das telas do sistema de supervisão

- Treinamento visando à familiarização do operador com as funcionalidades do sistema de alarme e suas responsabilidades
- Testes no novo sistema de alarme

3.8 Comentários finais

Apresentaram-se todas as fases presentes no ciclo de vida do gerenciamento de alarmes implementado no forno de reaquecimento de blocos.

A primeira atividade desenvolvida foi a elaboração do documento de filosofia de alarmes, a partir do qual estabeleceram-se características de projeto, operação e manutenção do sistema de alarme, além de prover regras para classificação e priorização de alarmes e as métricas de desempenho para o sistema.

Realizada a avaliação inicial, estudou-se a base de alarmes do sistema de supervisão e a lógica de intertravamento do PLC, optando-se pela reengenharia do sistema de alarme visando eliminar os problemas detectados e adequar o sistema ao documento de filosofia de alarmes desenvolvido.

Por último, foi desenvolvido em linguagem Visual Basic um aplicativo capaz de levantar dados estatísticos dos alarmes gerados, possibilitando a detecção de problemas e o monitoramento contínuo do sistema de alarmes.

As atividades realizadas visam a melhoria do sistema de alarme do forno de reaquecimento de blocos e, com o sistema de monitoramento implementado, torna-se possível a realização de auditorias e avaliação de performance, permitindo a manutenção da qualidade do sistema.

No capítulo seguinte são mostrados os resultados obtidos após a reengenharia do sistema de alarme em estudo.

RESULTADOS

Finalizado a reengenharia do sistema de alarme do forno de reaquecimento de blocos, o passo seguinte é o monitoramento contínuo. Sem ele é quase impossível manter um sistema de alarme eficiente. Monitorar é o método primário para detecção de problemas, tais como presença de alarmes ruidosos, contínuos, etc.

Neste capítulo são mostrados os resultados obtidos após as alterações realizadas e, a partir do aplicativo desenvolvido, as estatísticas de alarmes implementadas são verificadas, quais sejam:

- Número de alarmes por dia
- Taxa de pico de alarmes
- Tempo de instabilidade
- Distribuição de prioridades

Baseada na avaliação feita, uma nova classificação do sistema de alarme é realizada, sendo possível, desta forma, comparar a evolução obtida após a aplicação das técnicas de gerenciamento de alarmes.

4.1 Avaliação Final

Foram coletados registros dos alarmes no período de 1/05/2010 até 06/06/2010 e, visando obter as condições mais próximas possíveis de quando realizado o diagnóstico inicial, a avaliação final do sistema de alarme do forno de reaquecimento de blocos levou em consideração valores de produção superiores a 2100 toneladas/dia. A seguir os índices obtidos.

4.1.1 Número de alarmes por dia

A Figura 23 apresenta o primeiro tipo de análise proposto, a contagem de alarmes diários.

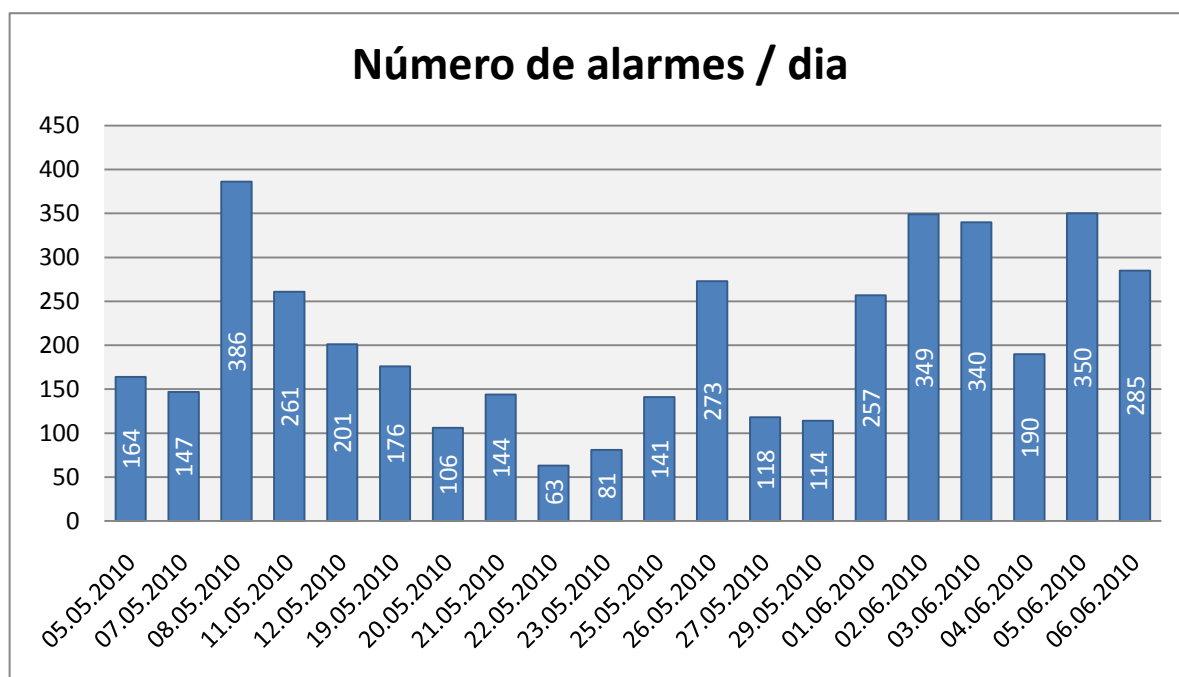


Figura 23- Número de alarmes por dia

Foram obtidos em média 207 alarmes por dia, sendo que o valor máximo foi de 386 e o mínimo de 63. Apenas durante 4 dias o número de alarmes foi superior

ao limite máximo de alarmes gerenciáveis determinado pelo padrão ISA 18.2 (aproximadamente 300).

4.1.2 Taxa de pico de alarmes

A taxa de pico de alarmes obtida após as modificações é mostrada na Figura 24. Verifica-se também o valor obtido antes da reengenharia proposta.



Figura 24 - Taxa de pico de alarmes

Observa-se que houve uma diminuição expressiva no número máximo de alarmes no intervalo de 10 minutos. O que torna o sistema de alarme mais gerenciável, uma vez que o operador tem tempo suficiente para analisar e agir sobre um alarme que foi ativado.

4.1.2 Percentual de instabilidade

O percentual de tempo em que ocorreram mais de 30 alarmes por hora é mostrado na Figura 25.

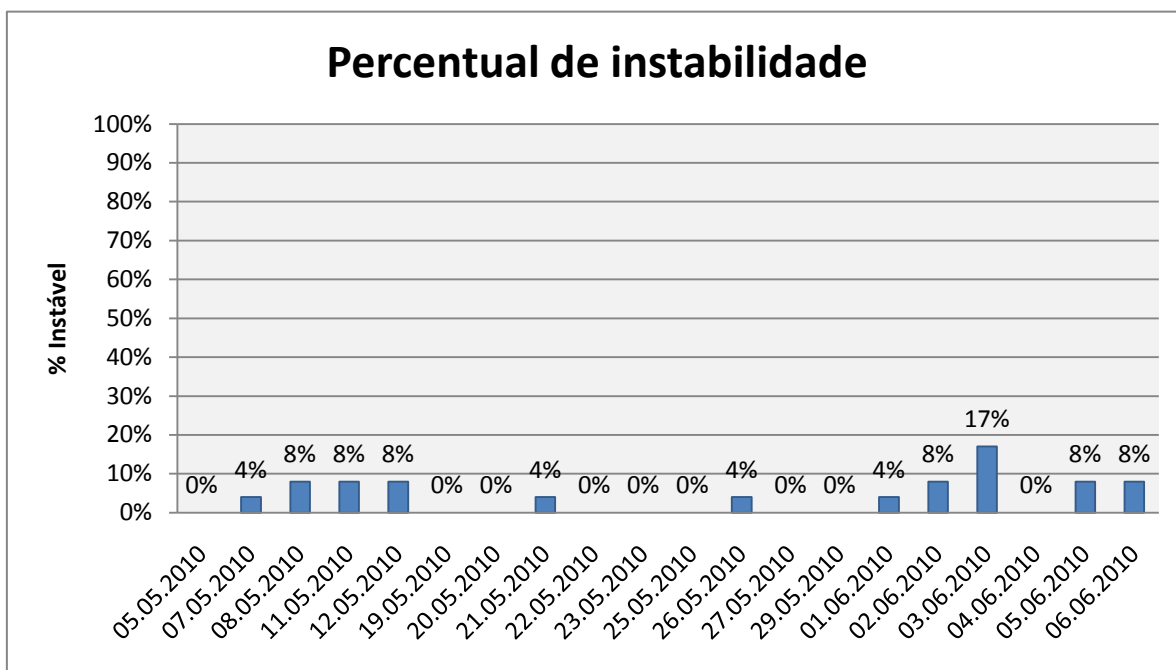


Figura 25 - Percentual de Instabilidade

Verifica-se que o sistema de alarme encontra-se muito mais estável e, como mostrado no indicador anterior, a sobrecarga sobre o operador foi reduzida consideravelmente.

4.1.3 Distribuição de prioridades

Conforme sugerido por [EEMUA, 2007] e especificado no documento de filosofia de alarmes criado, foram utilizados três níveis de priorização: baixo, médio e alto. As prioridades dos alarmes gerados – Figura 26 – apresentaram a seguinte distribuição.

Distribuição de prioridades

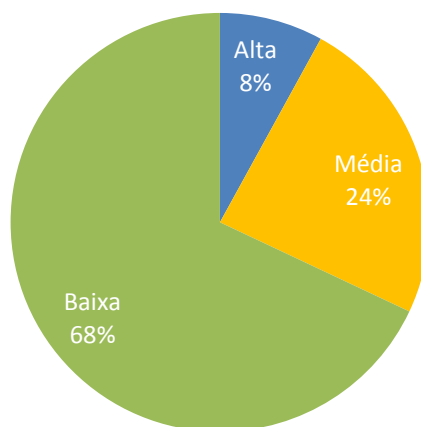


Figura 26 – Distribuição de prioridades

Como é desejado, alarmes de menor prioridade são a maioria, e os de alta prioridade representam apenas 8% do total, indicando que o processo não opera em condições críticas com relação à segurança, produção/equipamento ou meio-ambiente.

4.2 Diagnóstico final do sistema de alarme do forno

A partir dos dados analisados é possível verificar como o sistema de alarme do forno encontra-se, tendo como referência os índices de desempenho propostos pela EEMUA 191. A Tabela 11 apresenta os indicadores obtidos antes da reengenharia do sistema e após as modificações implementadas, bem como o percentual de melhoria obtido para cada um dos índices avaliados.

Tabela 11 - Índices FRB - Antes x Depois

Índice	EEMUA	FRB Antes	FRB Depois	% Melhoria
Média de Alarmes por dia	144	1894	207	89%
Pico de alarmes por 10 minutos	10	177	16	90%
Percentual de tempo instável	1	84	4	95%
Distribuição de prioridades (Baixa/Média/Alta)	80/15/5	0/0/100	68/24/8	-

Baseado nos números apresentados, é notória a melhoria obtida após a implementação das técnicas de gerenciamento de alarmes no sistema.

A seguir é, novamente, realizada a classificação do sistema de alarme, onde “▲” representa a classificação inicial, “●”, a nova classificação e “x”, o valor de referência EEMUA.

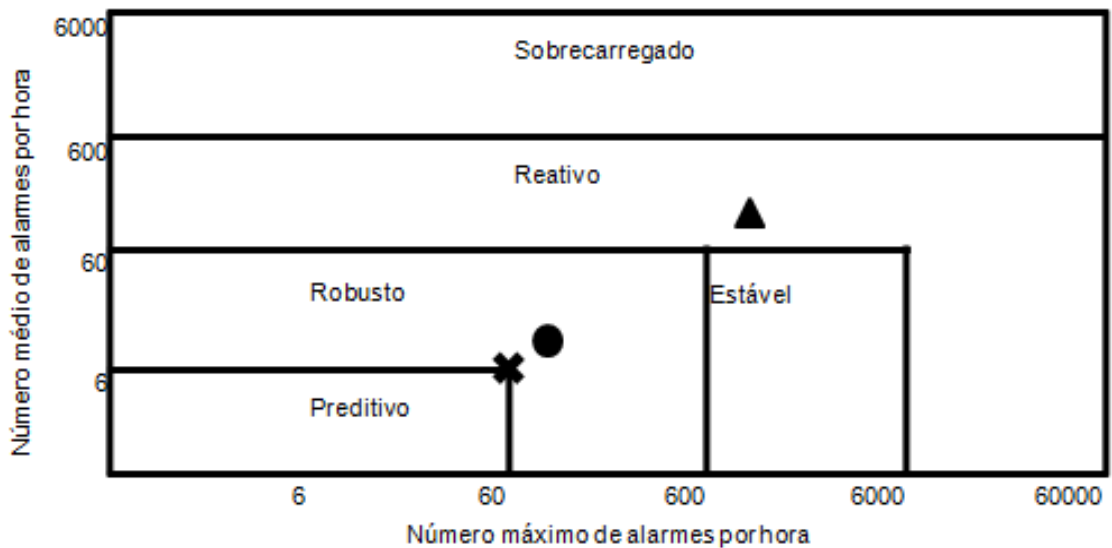


Figura 27 - Classificação do sistema de alarme

A nova classificação comprova a melhoria verificada na Tabela 11 e, a partir dela, é possível observar que o sistema de alarme do forno de reaquecimento de blocos se aproximou da classificação considerada ideal pela EEMUA 191.

Assim como feito na análise inicial, a Figura 28 apresenta o desempenho diário do sistema.

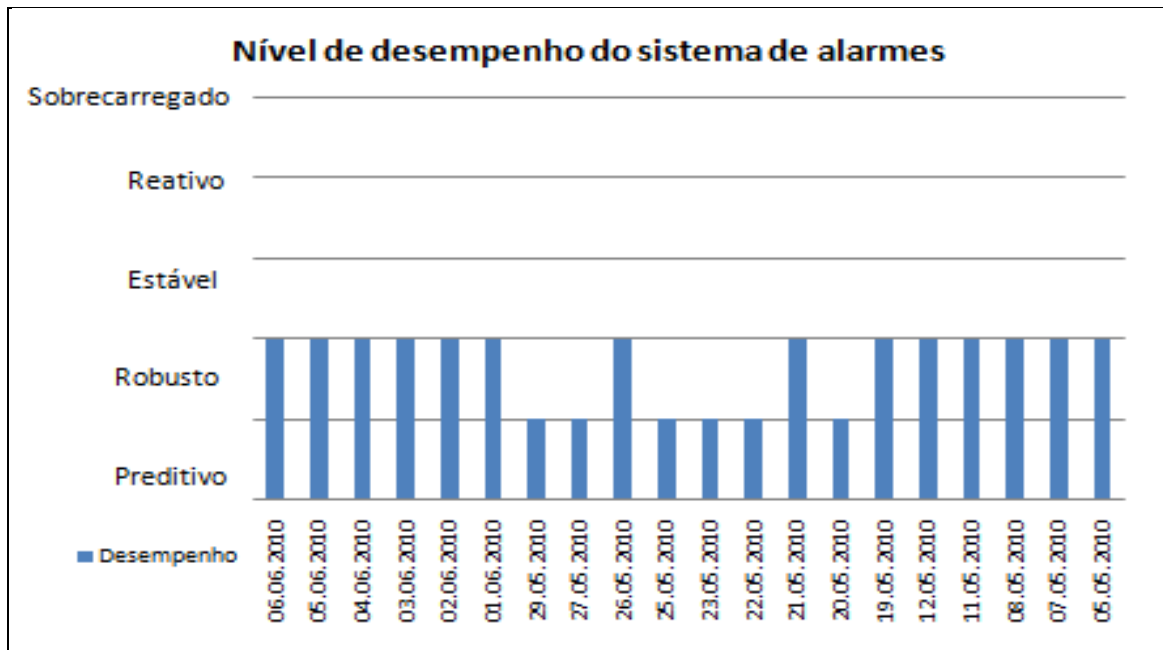


Figura 28 - Desempenho do sistema de alarme por dia

A melhora pode ser observada pela análise diária, e mostra ainda que durante 6 dias o sistema de alarme apresentou as características desejadas pela EEMUA.

4.3 Oportunidades de melhoria

Outra informação presente no sistema de monitoramento desenvolvido é a distribuição de alarmes por área. Com ele é possível determinar aqueles equipamentos/processos que apresentam o maior número de alarmes gerados. O processo está dividido em várias áreas e as escolhidas para análise, devido sua maior importância, foram:

- Bed's⁴ 1 e 2
- Kick off's⁵ 1 e 2
- Mesa de carregamento
- Mesa de descarregamento
- Estação de mistura
- Pressão
- Recuperador
- Walking Beam
- Sistema de refrigeração

A Figura 29 mostra a distribuição de alarmes obtida no período analisado.

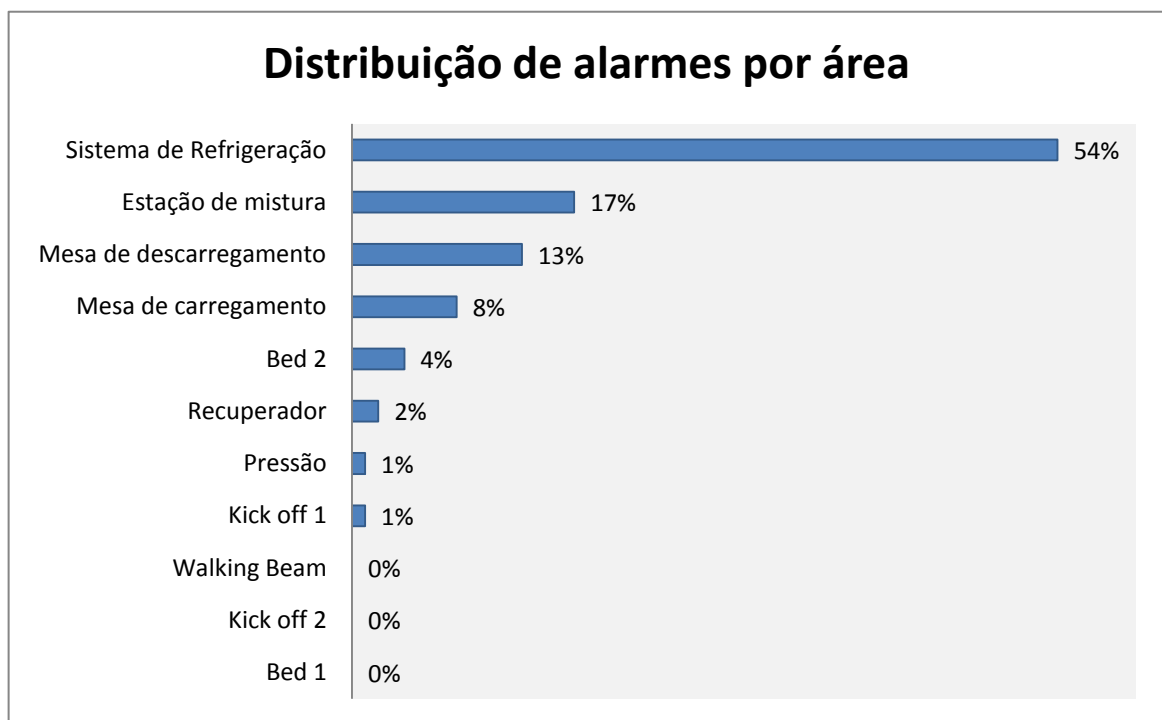


Figura 29 - Distribuição de alarmes por área

⁴ Bed é o nome dado ao sistema no qual os blocos são colocados para aguardar o posicionamento na mesa de rolos

⁵ Kick off é o nome dado ao equipamento responsável por retirar os blocos das beds e posicioná-los nos rolos de carregamento

Observa-se que o sistema de refrigeração de água, a estação de mistura e a mesa de descarregamento foram responsáveis por 84% dos alarmes gerados.

A refrigeração é um dos sistemas mais críticos do forno, uma vez que seu funcionamento incorreto pode ocasionar a danificação de vários equipamentos. A partir da análise deste sistema observou-se que vários dispositivos de medição de vazão de água necessitam de ajustes, sendo este o principal motivo do número elevado de alarmes gerados.

A grande maioria dos alarmes da estação de mistura está relacionada a variáveis de vazão, temperatura e pressão de gases. Como o forno não trabalha em sua condição nominal (produção diária superior a 3500 toneladas) várias situações de baixa demanda são observadas, fazendo com que vários alarmes sejam disparados.

A mesa de descarregamento foi responsável por 13% dos alarmes gerados devido perda de condição do equipamento ao realizar sua movimentação. Para contornar este problema foi alterado um parâmetro de posicionamento.

4.4 Comentários finais

Os resultados obtidos revelam que a reengenharia do sistema de alarme possibilitou uma melhoria significativa no gerenciamento dos alarmes gerados, diminuindo muito a sobrecarga da operação. Este fato tem reflexo direto no processo, uma vez que ações corretivas podem ser tomadas visando à correção de distúrbios apresentados.

CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE CONTINUIDADE

5.1 Conclusões

Apresentou-se uma metodologia para aplicação de técnicas de gerenciamento de alarmes e um estudo de caso em um dos sistemas do forno de reaquecimento de blocos de uma indústria siderúrgica localizada no estado de Minas Gerais. Foram utilizados os principais padrões/guias no assunto, dentre eles a EEMUA 191 e a ISA 18.2.

Inicialmente foi realizado o diagnóstico do sistema de alarme para determinação da real situação em que ele se encontrava. Observou-se que um pequeno número de alarmes foi responsável por grande parte do total de alarmes gerados e que, devido ao grande número de alarmes gerados diariamente, o operador ficava impossibilitado de tomar ações corretivas adequadas, uma vez que não possuía tempo suficiente para isto. A falta de priorização de alarmes é outro item constatado, o que dificultava a ação corretiva do operador baseado na urgência do alarme.

Após a aplicação das técnicas de gerenciamento de alarmes, pôde-se observar uma melhora expressiva do sistema, com redução de 89% da média de alarmes por dia. Vale lembrar que a implementação do gerenciamento de alarmes não significa redução dos alarmes existentes, mas sim a obtenção de um sistema mais confiável, seguro e representativo das reais condições de operação da planta.

Os índices de desempenho obtidos após a reengenharia do sistema de alarme ainda são superiores aos valores considerados ideais pela EEMUA 191, porém, vale destacar que a planta trabalha muitas vezes sob condições limite de operação e que não existe uma equipe de manutenção exclusiva para a área, fatos que contribuem significativamente para o aumento dos alarmes gerados.

O gerenciamento de alarmes é importante para o bom funcionamento do sistema de alarme, porém, somente ele não assegura melhorias no processo, uma vez que é necessário que todas as partes envolvidas – operação, manutenção e equipe de engenharia responsável pelo projeto – desempenhem seus papéis para que o ciclo de vida do gerenciamento de alarmes seja eficiente e proporcione os benefícios que é capaz.

5.2 Propostas de continuidade

As atividades realizadas neste trabalho melhoraram substancialmente a situação do sistema de alarme do forno, porém, várias outras técnicas podem ser implementadas visando sua melhoria contínua. Dentre elas podem-se citar:

- Criação de um servidor de alarmes

Como já mencionado no texto, a forma de integração realizada entre o sistema de supervisão e o aplicativo de cálculo estatístico foi escolhida baseada nos recursos disponíveis. A estrutura ideal seria utilizar um servidor específico para o banco de alarmes, o que possibilitaria seu acesso através de consultas SQL.

- Detecção automática de alarmes correlacionados

Alarmes correlacionados são um dos principais motivos de enxurrada de alarmes e sua presença causa transtorno e atraso no processo de correção de anomalias. Como já visto, é possível desenvolver sistemas capazes de detectar alarmes correlacionados, indicando assim a causa raiz do problema. A análise manual, apesar de eficiente, é trabalhosa e demorada.

- Monitoramento do tempo de resposta do operador

Este tipo de levantamento é muito importante, uma vez que mostra se a operação está tomando as ações corretivas no tempo adequado. Sua análise pode mostrar necessidade de treinamento ou até mesmo de baixo desempenho.

- Supressão dinâmica de alarmes

Este tipo de recurso é fundamental para processos que trabalham em diferentes níveis de operação. O FRB, por exemplo, entra com certa frequência em operação abafada (sem produção), o que leva a ativação de alarmes que não deveriam ser disparados – como, por exemplo, de baixa temperatura, uma vez que a potência é reduzida visando a economia de consumo energético.

Apêndice A

Documento de Filosofia de Alarmes

A seguir as três primeiras páginas do documento de filosofia de alarmes desenvolvido.

	Título: FILOSOFIA DE ALARMES	
	Área: Manutenção e Automação Industrial	Versão: 0

ÍNDICE

1-	PROPÓSITO DO SISTEMA DE ALARMES.....	2
2-	DEFINIÇÕES.....	2
3-	PAPEIS E RESPONSABILIDADES.....	3
4-	PRINCÍPIO DO PROJETO DE ALARME.....	4
5-	RACIONALIZAÇÃO.....	4
6-	DEFINIÇÃO DA CLASSE DE ALARME.....	5
7-	GUIA DE DESENVOLVIMENTO DA HMI	6
8-	PRIORIZAÇÃO DE ALARMES.....	7
9-	MONITORAMENTO DE DESEMPENHO DO SISTEMA DE ALARMES.....	8
10-	MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE ALARMES.....	9
11-	TESTE DO SISTEMA DE ALARMES	10
12-	GUIA DE IMPLEMENTAÇÃO.....	10
13-	GERENCIAMENTO DE MUDANÇA.....	10
14-	TREINAMENTO.....	11
15-	HISTÓRICO DE ALARMES.....	11

Figura A. 1 - Índice - Documento de filosofia de alarmes

	Título: FILOSOFIA DE ALARMES	
	Área: Manutenção e Automação Industrial	Versão: 0

1- Propósito do Sistema de Alarmes

Sistema de alarmes é uma forma de monitoramento automático das condições operacionais da planta e deve chamar a atenção do operador para mudanças significativas que requerem avaliação ou ação e deve ter comportamento diferenciado para cada condição operacional da planta, sempre na tentativa de mantê-la em condição que maximize os lucros e a segurança.

Quatro princípios fundamentais de um sistema de alarme podem ser destacados:

1º - Usabilidade: Os sistemas de alarme devem ser concebidos para satisfazer as necessidades dos usuários e operar dentro de suas capacidades. Isto significa que os sistemas de alarme devem apresentar as seguintes características:

- ser relevante para o papel do usuário no momento;
- indicar claramente qual a resposta que é exigida;
- ser apresentado em uma taxa que o usuário pode lidar;
- ser de fácil compreensão.

2º - Segurança: A contribuição do sistema de alarme para proteger a segurança das pessoas, do ambiente e do equipamento da planta deve ser claramente identificada.

3º - Monitoramento de desempenho: O desempenho do sistema de alarme deve ser avaliado durante o projeto e comissionamento para garantir sua utilidade e eficácia em todas as condições de funcionamento. Auditoria regular deve ser realizada ao longo da duração da planta para confirmar que o bom desempenho seja mantido. Isso requer um compromisso continuado e real por parte do gerente da planta.

4º - Investimento em Engenharia: Os sistemas de alarme devem ser projetados apropriadamente para padrões elevados. Quando novos sistemas de alarme são desenvolvidos (ou sistemas existentes são modificados), o projeto deve seguir uma metodologia estruturada em que cada alarme é justificado e adequadamente projetado. O investimento inicial no projeto do sistema deve ser suficiente para evitar problemas operacionais, de segurança, ambientais e riscos financeiros que muitas vezes surgem e que resultam em custos mais elevados.

2- Definições

Alarme: Sinal audível e/ou visível indicativo do mal-funcionamento de um equipamento ou processo ou condição anormal que requer resposta.

Alarme absoluto: Alarme quando um limite superior ou inferior é ultrapassado

Alarme de Desvio: Alarme disparado por um desvio padrão que excede a tolerância definida.

Figura A. 2 - Primeira página - Documento de filosofia de alarmes

	Título: FILOSOFIA DE ALARMES	
	Área: Manutenção e Automação Industrial	Versão: 0

Alarme Adaptativo: Adaptação automática dos valores-limite

Gerenciamento de alarmes: Processo que visa à manutenção e funcionamento adequado do sistema de alarme

Priorização de alarmes: Classificação de alarmes de acordo com sua importância e urgência.

Supressão de alarmes: Supressão temporária de funções de alarmes

Taxa de alarme: Número de alarmes ocorridos por unidade de tempo

Sistema de alarme: Conjunto de software e hardware que em uma situação de alarme transmite uma mensagem para ser mostrada ao operador.

Enxurrada de alarmes: Situação na qual alarmes ocorrem mais rápidos do que podem ser percebidos e processados pelo operador.

3- Papeis e Responsabilidades

a) o proprietário do sistema de alarme, a filosofia e documentos relacionados:

Automação da área

b) o papel do responsável pela gerência e a manutenção regular do sistema de alarmes:

A automação da área deve garantir o correto funcionamento do sistema de alarme. Para tal, deve realizar monitoramento constante do mesmo.

c) o papel do responsável para que o suporte técnico resolva problemas com o sistema de alarmes,

A operação do processo deve manter a automação da área informada a respeito do sistema de alarme para que esta possa diagnosticar e corrigir as falhas do sistema.

d) o papel do responsável em assegurar de que as exigências esboçadas na filosofia de alarmes estejam seguidas.

A automação da área deve apresentar o documento de filosofia de alarmes para o fornecedor do sistema de alarmes (para o caso de novos projetos) como forma de garantir que este esteja dentro dos padrões estabelecidos neste documento. No caso de manutenção do sistema existente, é responsabilidade da automação da área seguir as normas aqui descritas.

Figura A. 3 - Segunda página - Documento de filosofia de alarmes

Projeto de HMI

B.1 Sumário de alarmes

Apresenta os alarmes que estão ativos. Nesta tela os alarmes de diferentes prioridades são mostrados separadamente e pode-se realizar um filtro por área do processo.

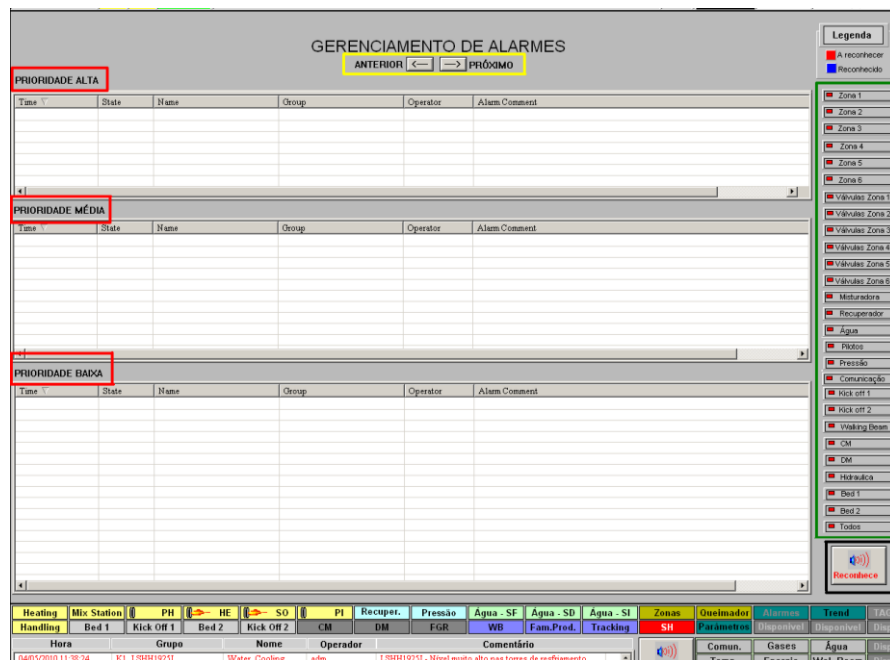


Figura B. 1 - Tela de sumário de alarmes

B.2 Estatística de alarmes

A tela de estatísticas de alarmes - Figura B. 2 - apresenta os seguintes gráficos:

- Número de alarmes por dia
- Taxa de pico de alarme
- Percentual de tempo instável
- Distribuição de prioridades

São apresentados os dados dos últimos sete dias e, para cada um dos gráficos, é mostrado o valor de referência proposto pela EEMUA para possibilitar um rápido diagnóstico do sistema de alarme.

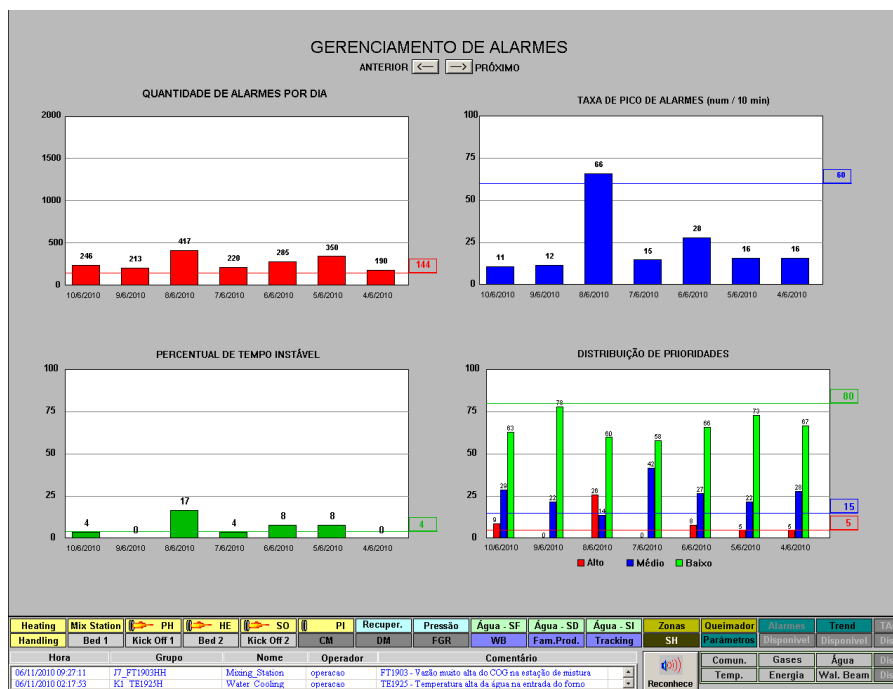


Figura B. 2 - Tela de estatísticas de alarmes

B.3 Distribuição por área e frequência de alarmes

Nesta tela pode-se verificar o número de alarmes ocorridos em onze áreas diferentes, conforme explicado no item 4.3 deste trabalho.

Foram adicionados também dois gráficos de pareto, um para o sistema Heating e outro para o sistema Handling. Com eles é possível verificar aqueles alarmes que ocorreram com mais frequência nas últimas 24 horas, indicando assim aqueles alarmes que necessitam de maior atenção ou, até mesmo, de algum estudo para verificação de suas configurações.

A tela desenvolvida é mostrada na Figura B. 3 - Tela de distribuição por área e frequência de alarmes Figura B. 3.

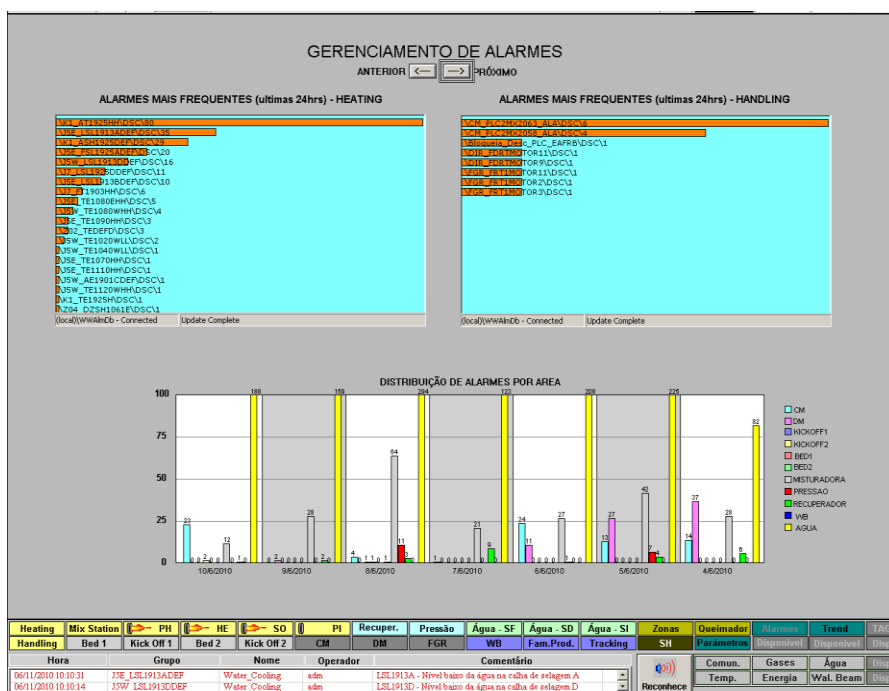


Figura B. 3 - Tela de distribuição por área e frequência de alarmes

B.4 Tela de supressão de alarmes

A tela de supressão de alarmes - Figura B. 4 - contém uma tabela para que alarmes, que por algum motivo não necessitam de aparecer ao operador, sejam suprimidos.

Este recurso é bloqueado por senha para evitar que modificações sejam realizadas sem o devido estudo e aprovação pela equipe responsável pelo sistema de alarme.

Nesta tela também é possível configurar a estação “mestre”, responsável por salvar o histórico diário de alarmes na estação servidora.

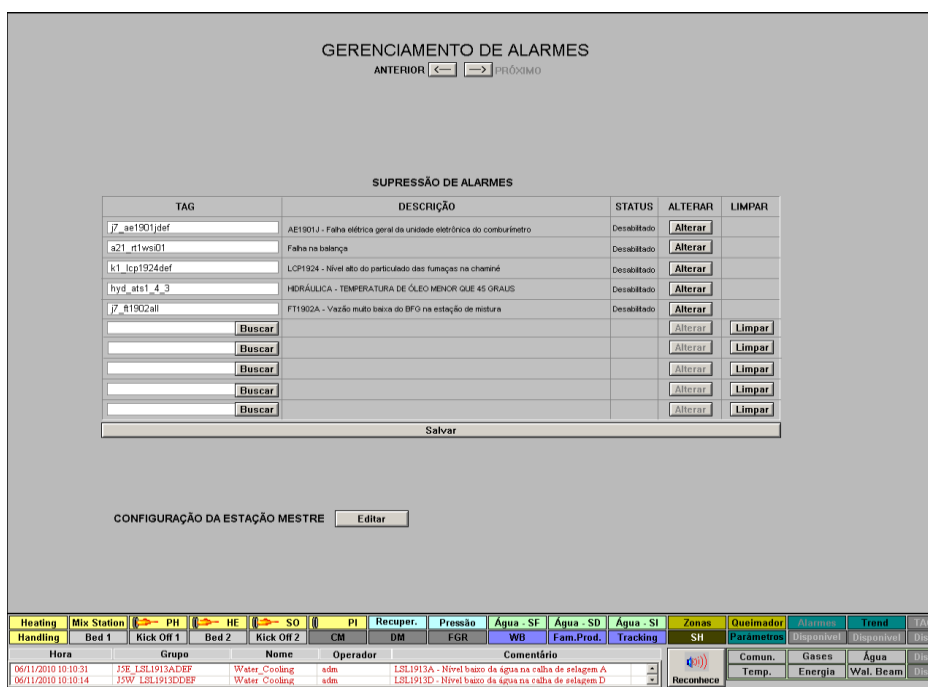


Figura B. 4 - Tela de supressão de alarmes

Referências Bibliográficas

[Aguiar et al., 2010] Aguiar, L.,P., Almeida, V.,A.,F., Junior, W.,J. Descoberta de Padrões de Alarmes Redundantes com Técnicas de Mineração de Dados e Redes Complexas. XVIII Congresso Brasileiro de Automática. Setembro de 2010.

[Almeida, 2009] Almeida, L. V. M. Proposta de Melhorias para o Sistema de Alarmes de uma Planta de Beneficiamento de Minério de Ferro. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Controle e Automação. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Junho de 2009.

[ANSI/ISA, 2009] ANSI/ISA. Management of Alarm Systems for the Process Industries. SP 18.2. 2009.

[Bransby, 2000] Bransby, M. L. Best Practice in Alarm Management. Control of Railways – The Human Challenge. IEE Seminar. London, 2000.

[Bransby et al., 1998] Bransby, M., Jenkinson, J.. The management of alarm systems. HSE Contract Research Report 166. Suffolk, UK: HSE Books, 1998.

[Braune, 2008] Braune, A. H., S. XML-based modeling of an alarm management. Emerging Technologies and Factory Automation. IEEE International Conference. pp 713-716. 2008.

[Brown, 2003] Brown, D. C. Alarm System Performance – One Size Fits All?. Institute of Measurement and Control's Journal Measurement and Control. vol 36/4, pp 120-123. 2003.

[Da Silva, 2009] Da Silva, R. B. Sistema de Gerenciamento de Alarmes na Planta de Diesel da Refinaria Potiguar Clara Camarão. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia de Computação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, Dezembro de 2009.

[Doran, 2009] Doran, K. It's in the pipes – Managing alarms for pipeline operation. ISA Intech. August 2009.

[EEMUA, 2007] Engineering Equipment Materials Users' Association. Alarm Systems A Guide to Design, Management and Procurement. EEMUA Publication 191, second edition, London, 2007.

[Farina et al., 2008] Farina, L. A., Muller, H. G., Misoczki, R. Desempenho do sistema de alarme em uma refinaria. Controle e Instrumentação, v. 11 n. 135, p. 74 (6p), 2008.

[Foong et al., 2009] Foong, O. M., Sulaiman, S., Rambli, D. R. A., Abdullah, S. ALAP: Alarm Prioritization System for Oil Refinery. World Congress Engineering and Computer Science. October 2009.

[Habibi et al., 2006] Habibi, E., Hollifield, B. Alarm systems greatly affect offshore facilities amid high oil process. World Oil Magazine, v. 227, n. 9. September 2006.

[Hatch, 2005] Hatch, D. Alarms: prevention is better than cure. TCE. pp 40-42. July 2005.

[Hatch et al., 2009] Hatch, D., Stauffer, T. Operators on alert. ISA InTech. September 2009.

[Honeywell, 2004] Honeywell. Operation Management Pro. White Paper. USA. 2004.

[HSE, 2000] HSE - Health & Safety Executive. Better Alarm Handling. HSE Information Sheet – Chemicals Sheet No. 6, Sudbury, Suffolk, UK, 2000.

[HSE, 1999] HSE - Health & Safety Executive. Reducing error and influencing behaviour. HSG 48. HSE Books, 1999.

[ISA-18] ISA-18, Instrument Signals and Alarms. The International Society of Automation. Último acesso em: 12/12/2010. Disponível em: <http://www.isa.org>.

[Koene et al., 2000] Koene, J., Vedam, H. Alarm Management and Rationalization. Third International Conference on Loss Prevention. 2000.

[Larsson et al., 2007] Larsson, J. E., Joseph DeBor. Real-Time Root Cause Analysis for Complex Technical Systems. Proceedings of the Joint 8th Annual IEEE Conference on Human Factors and Power Plants. Monterey, California. 2007.

[Leitão et al., 2009] Leitão, G.P.B., Pifer, A., de Araújo, J.R.S., Guedes, L.A., Saito, K. e Aquino, L. "Sistema para análise e otimização de alarmes em plantas petroquímicas", Petro&Química, no 313, pg. 57-62. 2009.

[O'Brien et al., 2004] O'Brien, L., O.,Woll, D. Alarm Management Strategies. ARC Strategies. USA. November 2004.

[Liu et al., 2003] Liu, J., Lim, K., Ho, W., Tan, K., Srinivasan, R., Kay, A. The Intelligent Alarm Management System. IEEE Computer Society. pp. 66-71. 2003

[McTavish, 2008] McTavish, M. Alarm Management for Pipelines – Part 2. What does this mean to me? American Gas Association. 2008.

[Mattiasson, 1999] Mattiasson, C. The Alarm System from the Operator's Perspective. Paper Presented at IEEE People in Control Meeting, Bath, UK. 1999.

[NAMUR, 2008] NAMUR - Automation Systems Interest Group of the Process Industry. Alarm Management. Worksheet NA 102. 2008.

[Nimmo, 2004] Nimmo, I. The Pros and Cons of Alarm Management Projects. Abnormal Situation Management. 2004.

[Nimmo, 1999] Nimmo, I. The Importance of Alarm Management Improvement Project. INTERKAMA. 1999.

[Noguerol, 2002] Noguerol, A.,R. Correlação de Alarmes e Diagnóstico no Gerenciamento de Sistemas Supervisionados por Computador. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

[Pinto et al., 2007] Pinto, L. D. e Farina, L. A. “Sistema de Gerenciamento de Alarmes em uma Indústria Petroquímica”, ISA Show, 2007.

[Rothenberg, 2009] Rothenberg, D. H. Alarm Management for Process Control – A Best Practice Guide for Design, Implementation, and Use of Industrial Alarm Systems. Momentum Press, New York, 2009.

[Smith et al., 2003] Smith, W., Howard, C., Ford, A. Alarm management – priority, floods, tears or gain?.4-sight Consulting. 2003.

[Tanner et al., 2005] Tanner, R., Gould J., Turner, R., Atkinson T. Keeping the peace (and quiet). ISA InTech. September 2005.

[Vidigal et al., 2010] Vidigal, C. H., Gomes, F. A. Aplicação de técnicas de gerenciamento de alarmes no forno de reaquecimento de placas no 1. 14º semiário de Automação de Processos da ABM. Belo Horizonte, Minas Gerais. Outubro de 2010.

[Wilkinson et al., 2002] Wilkinson, J., Lucas, D. Better alarm handling – a practical application of human factors. Health & Safety Executive. Institute of Measurement and Control Journal, vol. 35. 2002.

[Wibberley] Wibberley, D. Alarm Management as a winning strategy. Adroit Technologies.

[Wonderware, 2007] Wonderware. InTouch HMI Alarms and Events Guide. 2007.

[Zupan et al., 2003] Zupan, J., Medhi, D. An Alarm Management Approach in the Management of Multi-Layered Networks. Proceedings of IEEE Workshop on IP Operations & Management (IPOM2003), pp. 77-84, Kansas City, MO, October 2003.