

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

GISLLAINE CELINA DA SILVA

**GERENCIAMENTO DE ALARMES EM INDÚSTRIA: CONCEITOS E  
APLICAÇÃO DA RACIONALIZAÇÃO DE ALARMES EM UMA  
PLANTA QUÍMICA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA  
2018

GISLLAINE CELINA DA SILVA

**GERENCIAMENTO DE ALARMES EM INDÚSTRIAS:  
CONCEITOS E APLICAÇÃO DA RACIONALIZAÇÃO DE ALARMES  
EM UMA PLANTA QUÍMICA**

Monografia de Especialização, apresentada ao Curso de Especialização em Automação Industrial, do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. M. Sc. Daniel Balieiro  
Silva

CURITIBA  
2018



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Curitiba

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Departamento Acadêmico de Eletrônica  
Curso de Especialização em Automação Industrial



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### GERENCIAMENTO DE ALARMES EM INDÚSTRIAS: CONCEITOS E APLICAÇÃO DA RACIONALIZAÇÃO DE ALARMES EM UMA PLANTA QUÍMICA

por

**GISLLAINE CELINA DA SILVA**

Esta Monografia foi apresentada em 23 de novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Automação Industrial. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. M. Sc. Daniel Balieiro Silva  
Orientador

---

Prof. Dr. Guilherme Alceu Scheinder  
Membro titular

---

Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas  
Coordenador do Curso

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

## RESUMO

SILVA, Gisllaine Celina da. **Gerenciamento de alarmes em indústrias: Conceitos e a aplicação da racionalização de alarmes em uma planta**. 2018. 55 p. Monografia de Especialização em Automação Industrial, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Diversos estudos tem sido desenvolvidos visando maximizar a eficiência operacional nas indústrias, um dos temas abordados é o gerenciamento de alarmes industriais, este pode trazer muitos benefícios para a indústria, dentre eles, maior eficiência operacional, redução de paradas emergenciais e maior segurança na operação da planta. O gerenciamento de alarmes pode ser implementado com base nas normas EEMUA 191 e ISA 18.2, essas descrevem a metodologia utilizada para implementação, assim como as métricas de desempenho do sistema. O presente trabalho descreve e utiliza a metodologia citada com base no ciclo do gerenciamento de alarmes, incluindo as etapas de definição da filosofia de alarmes, identificação, racionalização, projeto, implementação, gerenciamento de mudança e manutenção. A metodologia do gerenciamento foi implementado em uma planta química, foi realizado o diagnóstico inicial do sistema, o mesmo possuía um número excessivo de alarmes e era classificado como reativo (sistema recém comissionados, onde os alarmes foram implementados com o mínimo de boas práticas ou um sistema existente que recebeu alguma atenção), após as alterações realizadas o sistema de alarmes passou a ser classificado como robusto ( sistema de alarmes é confiável durante todos os modos de operação). Todos os objetivos do trabalho foram atingidos, os resultados obtidos comprovam a eficiência da aplicação da metodologia do ciclo de gerenciamento de alarmes e possibilita a posterior manutenção do sistema através da utilização do *software* de gerenciamento.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de alarmes. Filosofia de alarmes. EEMUA 191.

## ABSTRACT

SILVA, Gisllaine Celina da. **Alarm management in industries: concepts and applications of rationalization of alarms in a chemical plant.** 2018. 55 p. Monografia de Especialização em Automação Industrial, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Several studies have been developed to maximize operational efficiency in industries. One of the topics addressed is the management of industrial alarms, this can bring many benefits to the industry, among them, greater operational efficiency, reduction of emergency stops and greater safety in the operation of the plant. Alarm management can be implemented based on EEMUA 191 and ISA 18.2 standards, which describe the methodology used for implementation as well as system performance metrics. The present work describes and uses the methodology cited based on the cycle of alarm management, including the steps of defining the philosophy of alarms, identification, rationalization, design, implementation, change management and maintenance. The management methodology was implemented in a chemical plant, the initial diagnosis of the system was performed, it had an excessive number of alarms and was classified as reactive (newly commissioned system, where the alarms were implemented with the minimum of good practices or an alarm system has been classified as robust (alarm system is reliable during all modes of operation). All the objectives of the work were achieved, the results obtained prove the efficiency of the methodology application in the alarm management cycle and allows the later maintenance of the system through the use of the management software.

**Keywords:** Alarm management. Philosophy of alarms. EEMUA 191.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo gerenciamento de alarme .....	20
Figura 2 - Performance sistema de alarmes.....	28
Figura 3 - Caldeira de recuperação .....	34
Figura 4 - Ciclo gerenciamento de alarmes ISA 18.1 .....	35
Figura 5 - Quantidade de alarmes/dia .....	38
Figura 6 - Quantidade de alarmes/hora.....	38
Figura 7 - Instabilidade sistema alarmes.....	39
Figura 8 - Alarmes mais frequentes .....	39
Figura 9 - Diagnóstico sistema de alarmes .....	40
Figura 10 - BR-AlarmExpert .....	43
Figura 11 - BR-AlarmExpert coleta de dados .....	44
Figura 12 - Alarmes/dia: Atual .....	46
Figura 13 - Alarmes/hora: Atual.....	47
Figura 14 - Percentual instabilidade: Atual.....	48
Figura 15 - BadActors .....	49
Figura 16 - Diagnóstico sistema atual alarmes.....	50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índices de desempenho ISA 18.2.....	22
Tabela 2 - Diagnóstico sistema alarmes .....	40
Tabela 3 - Remoção de alarmes .....	41
Tabela 4 - Alteração configurações dos alarmes .....	41
Tabela 5 - Análise dos alarmes .....	42
Tabela 6 - Alarmes mais frequentes.....	48
Tabela 7 - Diagnóstico sistema de alarmes .....	49

## LISTA DE SIGLAS

ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
CAN	<i>Controller Area Network</i>
CPU	Unidade Central de Processamento
EEMUA	<i>Enginnering Equipment and Materials Users Association</i>
HSE	<i>Health and Safety Executive</i>
ISA	<i>International Society of Automation</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SDCD	Sistemas Digital de Controle Distribuído



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1 PROBLEMA .....	10
1.2 OBJETIVOS .....	11
1.2.1 Objetivo Geral .....	11
1.2.2 Objetivos Específicos .....	11
1.3 JUSTIFICATIVA .....	12
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	12
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>14</b>
2.1 GERENCIAMENTO DE ALARMES .....	14
2.2 SISTEMAS DE ALARMES SEM GERENCIAMENTO ADEQUADO .....	16
2.3 PRINCIPAIS PUBLICAÇÕES SOBRE GERENCIAMENTO DE ALARMES .....	19
2.3.1 ISA 18.2 .....	19
2.3.2 EEMUA 191 .....	22
2.3.3 NAMUR 102 .....	29
2.4 GERENCIAMENTO DE ALARMES EM DIFERENTES INDUSTRIAIS .....	29
2.4.1 Gerenciamento de Alarmes na Petrobrás .....	29
2.4.2 Gerenciamento de Alarmes em uma Indústria Siderúrgica: Um Estudo de Caso 31	
2.5 ESTADO DA ARTE DO GERENCIAMENTO DE ALARMES .....	32
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
3.1 GERENCIAMENTO DE ALARMES EM UMA CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO QUÍMICA .....	34
3.2 MÉTODO .....	35
3.3 FILOSOFIA DE ALARMES .....	36
3.4 DIAGNÓSTICO INICIAL DO SISTEMA DE ALARMES .....	36
3.4.1 Quantidade de Alarmes por Dia e por Hora .....	37
3.4.2 Percentual de Instabilidade .....	38
3.4.3 Alarmes Mais Frequentes .....	39
3.4.4 Diagnóstico do Sistema de Alarmes .....	40
3.5 GERENCIAMENTO DE MUDANÇAS .....	41
3.6 IDENTIFICAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO .....	41
3.6.1 Análise dos Alarmes .....	41
3.7 PROJETO .....	42
3.7.1 Coleta de Dados .....	44
3.7.2 Implementação .....	44
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>46</b>
4.1 INDICADORES ATUAIS DO SISTEMA DE ALARMES .....	46
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A automação industrial é um dos grandes avanços tecnológicos do século XX, ela possibilitou a otimização dos processos industriais, gerando maior produtividade. Dentro desse contexto encontram-se os Sistemas de supervisão e controle SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), que são os responsáveis pela interface entre a operação e os processos industriais, possibilitando aos operadores visualizarem todo o processo e atuarem no mesmo da sala de controle, otimizando tempo, mão de obra, além de tornar a operação mais segura. Os equipamentos utilizados em campo também passaram por uma grande evolução, atualmente eles disponibilizam diversas informações que podem ser visualizadas em tempo real no sistema supervisório e utilizadas como auxílio na tomada de decisão pela operação (LEITÃO, 2008).

No supervisório podem ser configuradas telas de sinalização com o monitoramento de todas as informações provenientes dos equipamentos de campo, essas telas são responsáveis por sinalizar para o operador condições anormais do processo e auxiliá-lo na tomada de decisão. Com o grande número de informações disponibilizadas pelos equipamentos, o desafio atual é fazer com que esses dados sejam informações relevantes para a operação e que possam contribuir para a otimização do processo. Com base no contexto citado nota-se a importância da implementação do gerenciamento de informações e alarmes (LEITÃO, 2008).

São tempos de avanços em passos largos no campo da tecnologia. Neste contexto, na indústria moderna, por via de sistemas SCADA é possível coletar informações em tempo real e supervisionar toda a cadeia produtiva. Aqui, cumpre destacar que estes sistemas podem possuir alarmes, que têm como função sinalizar para o operador qualquer condição anormal do processo ou dos equipamentos (ARAÚJO, 2010).

Antes do referido sistema (SCADA), a implementação de alarmes era de alto custo, por isso, havia cautela na escolha de implementação dos mesmos. Porém, atualmente, a facilidade de implementação, aliada ao baixo custo, têm motivado instalações arbitrárias ou impertinentes, que carecem de conhecimento acerca das condições do processo e fazem com que o operador não tenha tempo hábil de identificar, entender e ter a ação adequada a cada alarme (ARAÚJO, 2010).

Na maior parte das indústrias não existe uma padronização ou gerenciamento na instalação dos alarmes, o que acaba por gerar um número excessivo destes o que pode causar problemas com relação à produtividade e segurança das plantas industriais (ARAÚJO, 2010).

Existem normas, como a EEMUA (*Enginnering Equipment and Materials Users Association*) 191 e ISA (*International Society of Automation*) SP18, que fornecem uma metodologia de gestão de alarmes. A ISA 18.2, por exemplo, possui uma metodologia baseada no ciclo de vida de gerenciamento de alarmes, composta por 5 (cinco) etapas, sendo elas, identificação e racionalização, projeto, implementação, monitoramento e gerenciamento de mudanças. Tais diretrizes permitem a implementação de forma metódica e o gerenciamento eficaz (ARAÚJO, 2010).

Pelo exposto, conclui-se que o gerenciamento de alarmes é um tema de grande relevância, pois é fundamental para a otimização e operação dos processos industriais. Tal gestão visa racionalizar o número de alarmes e a configuração adequada destes, a fim de fazer com que sejam ferramentas auxiliares dos operadores, permitindo a visualização e tratamento de condições anormais do processo, e, conseqüentemente, proporcionando uma operação mais segura e produtiva.

Por isso, no presente trabalho, pretende-se abordar os padrões e referências existentes a respeito do gerenciamento de alarmes e descrever-se um estudo de caso onde será implementado o gerenciamento de alarmes em uma planta química.

## 1.1 PROBLEMA

São diversos os problemas causados por sistemas de alarmes que não possuem o gerenciamento adequado, sendo os principais: alarmes ignorados pelo operador, pequenos distúrbios no processo que geram um excessivo número de alarmes, alarmes que o operador não conhece qual ação deve ser tomada a partir dele, enxurrada de alarmes durante distúrbios das plantas que o operador não sabe como priorizar, diferentes configurações de alarmes feitas por cada operador (ISA, 2009).

O sistema atual de alarmes da planta química escolhida para o estudo de caso, possui um número excessivo de sinalizações no sistema supervisório, o que

causa uma sobrecarga nos operadores fazendo com que os mesmo não tenham tempo hábil de tratar efetivamente cada alarme.

Conforme a norma EEMUA 191, o operador deve ter no mínimo 10 minutos para poder avaliar e ter uma ação sobre cada alarme. Na planta em estudo o operador tem em média 1 minuto para tratar cada alarme (EEMUA, 2007).

Dentro do contexto citado, o estudo de caso descrito no presente trabalho visa implementar o gerenciamento de alarmes conforme a metodologia proposta pela ISA 18.2, abordando as etapas de identificação e racionalização, projeto, implementação, monitoramento e gerenciamento de mudanças.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é aplicar a metodologia de gerenciamento de alarmes baseada na ISA 18 em uma planta química, composta pelas etapas de identificação e racionalização, projeto, implementação, monitoramento e gerenciamento de mudanças.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar o diagnóstico do sistema atual de alarmes da planta escolhida conforme as normas ISA 18 e EEMUA 191;
- Identificar, entender e racionalizar os alarmes, eliminando aqueles que são desnecessários e corrigindo os que possuem configurações erradas;
- Avaliar os resultados finais após a implementação do gerenciamento de alarmes e comparar com o sistema inicial;
- Criar um documento com a padronização dos alarmes, contendo as regras para a implementação de alarmes, explicações a respeito do ciclo de gerenciamento de alarmes, gestão de alteração de alarmes.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

A operação eficaz e segura dos processos industriais é muito importante para as indústrias, pois o setor operacional é decisivo para otimizar a produção e reduzir custos e perdas. Neste sentido, os sistemas de alarmes podem auxiliar a operação no diagnóstico de falhas de equipamentos e condições anormais do processo, evitando, assim, quebras e perdas de produção.

Todavia, não é suficiente a simples instalação, eis que quando o sistema é mal configurado, contém alarmes em excesso, sinalizações desnecessárias, que podem não ser tratadas de forma apropriada pelos operadores por falta de tempo, podendo causar falhas operacionais, ou, até mesmo, na hipótese de avalanches de alarmes, podem acabar por encobrir a causa raiz do problema, o que exigirá mais tempo para a solução das condições anormais do processo.

Os sistemas de gerenciamento de alarmes consistem na padronização da implementação dos mesmos, na racionalização e configuração correta, sendo uma ferramenta muito eficaz para a operação, que pode auxiliar na rápida identificação de condições inseguras, falhas em equipamentos e condições anormais do processo, resultando em uma maior produtividade.

Diversos estudos têm sido realizados sobre o assunto, que tem se tornado muito relevante. Dado o contexto abordado acima e tendo em vista a importância do presente tema, que pode trazer muitos benefícios para as indústrias principalmente auxiliando na redução de quebras, aumento da produtividade e segurança do processo, o presente trabalho visa fazer o diagnóstico do sistema de alarmes de uma planta química e implementar um sistema de gerenciamento de alarmes baseado na norma ISA 18.2 e EEMUA 191.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho terá a seguinte estrutura:

- Capítulo 1 - Introdução: serão apresentados o tema, o problema, os objetivos da pesquisa, a justificativa e a estrutura geral do trabalho.
- Capítulo 2 - Fundamentação teórica: Neste capítulo será abordado as definições de alarmes, estado da arte do gerenciamento de alarmes, normas EEMUA 191 e ISA 18.2.

- Capítulo 3 - Metodologia: Será abordado o diagnóstico do sistema de alarmes atual, as etapas de identificação e racionalização, análise das configurações dos alarmes, implementação do projeto e documento de filosofia dos alarmes.
- Capítulo 4 - Apresentação e Análise dos Resultados: Será apresentado a implementação do sistema de gerenciamento de alarmes e o comparativo do cenário atual de alarmes com o antigo.
- Capítulo 5 - Considerações finais: Serão retomados a pergunta de pesquisa e os seus objetivos e apontado como foram solucionados, respondidos, atingidos, por meio do trabalho realizado. Além disto, serão sugeridos trabalhos futuros que poderiam ser realizados a partir do estudo realizado.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para implementar o gerenciamento no sistema de alarmes da planta em estudo foi necessário estudar as boas práticas aplicadas ao mesmo, conforme os padrões EEMUA 191 e ISA 18.2, seguindo uma sequência de etapas, tais como diagnóstico do sistema atual, racionalização, implementação, padronização. No decorrer desse capítulo esses assuntos serão abordados, assim como o estado da arte do gerenciamento de alarmes, o conceito de alarme, os problemas existentes em sistemas de alarmes sem o gerenciamento adequado e as principais vantagens do gerenciamento eficiente dos sistemas de alarmes.

### 2.1 GERENCIAMENTO DE ALARMES

Conforme definição da ISA 18.2 um alarme é “um meio audível e/ou visível que indica para o operador o mau funcionamento de um equipamento, um desvio de processo, ou uma condição anormal do mesmo que requer uma resposta/ação do operador.” O alarme pode ser configurado de diversas formas, tais como: visuais (como um texto piscando ou mudando de cor, mensagens) ou através de sons. Eles possuem a função de atrair a atenção do operador para determinada condição do processo ou de um equipamento. O operador pode gerenciar esses sons e notificações “silenciando o alarme” ou “reconhecendo”, essas são normalmente as ações disponíveis para o operador nos sistemas de alarme (ROTHENBERG, 2009).

Muitas vezes para o operador identificar uma condição anormal do processo e ter uma ação apropriada se faz necessária a interpretação de múltiplos alarmes, associado a este problema está a grande quantidade de alarmes que os operadores estão expostos, o que dificulta a associação adequada para uma tratativa eficaz. Alguns estudos mostram que um operador de uma planta petroquímica está sujeito em média a 1500 alarmes por dia, enquanto a norma EEMUA 191 recomenda 144 alarmes por dia. Conforme a norma EEMUA 191, um dos principais fatores desse grande número de alarmes é a falta de uma filosofia de criação e manutenção das configurações de alarmes, contribuindo para criação de diversos alarmes que não

exigem uma ação do operador, apenas poluem as telas e desviam a atenção do operador de alarmes importantes (LEITÃO, 2008).

Dentro do contexto abordado está a importância do gerenciamento de alarmes, para gestão adequada e eficiente do controle dos processos industriais. É uma forma de monitoramento das condições do processo e alerta para o operador de condições anormais que requerem uma ação ou avaliação.

Muitas indústrias tem se unido com o intuito de identificar as melhores práticas para os sistemas de gerenciamento de alarmes, o que inclui alterações de configurações, priorização, racionalização de alarmes e ferramentas de apoio ao diagnóstico. Quando configurado e gerenciado de forma eficaz os sistemas de alarmes conseguem executar a sua função vital de monitoramento de condições anormais do processo e alerta ao operador em tempo suficiente para seu tratamento adequado, podendo gerar benefícios para as indústrias principalmente em produção e segurança dos processos (BRANSBY, 2000).

Os sistemas de alarmes inicialmente eram compostos por painéis com lâmpadas indicativas, possuíam alto custo de implementação, por essa razão antes da implementação do mesmo era verificado a sua real necessidade, tinha-se um cuidado maior para selecionar os alarmes que precisavam ser configurados. Com o avanço da tecnologia dos controladores de processo e dos sistemas supervisórios, tem sido utilizado sistemas de alarmes que apresentam ao operador as condições anormais do processo, através de listas de alarmes ou de formas gráficas e/ou visuais. A facilidade de implementação de alarmes nos sistemas atuais faz com que diversos alarmes sejam implementados sem a devida análise do processo e sem averiguação da sua real necessidade, o que causa um número excessivo de alarmes, os quais contribuem para que o operador não consiga identificar e tratar de forma adequada aqueles alarmes que são realmente importantes para o processo produtivo (LEITÃO, 2008).

O conceito de gerenciamento de alarmes aborda a interpretação, implementação, projeto e configuração dos alarmes, para que os mesmos tenham a capacidade de alertar os operadores de condições anormais do processo de forma explícita e um tempo razoável. Ele ainda inclui as etapas abaixo, conforme Rothenberg (2009):

- Diagnóstico do sistema atual de alarmes, incluindo seu impacto sobre segurança, meio ambiente e produção;



- Desenvolvimento de uma filosofia de implementação de alarmes;
- Seleção de quais variáveis são alarmes;
- Determinação dos limites dos alarmes e prioridades;
- Determinação das ações recomendadas do operador;
- Projeto de técnicas avançadas para aumentar o desempenho do sistema de alarmes;
- Monitoramento das condições da planta e ferramentas de apoio a tomada de decisão;
- Auditorias contínuas, avaliações e modificações para melhoria.

O gerenciamento adequado de alarmes pode trazer diversos benefícios para indústrias, tais como:

- Redução número de paradas do processo;
- Maior segurança;
- Redução de custos;
- Produção com maior qualidade;
- Redução de incidentes ambientais.

O investimento em sistemas avançados de gerenciamento de alarmes, que incluem o auxílio a tomada de decisão do operador podem ser justificados com base nas vantagens citadas acima, porém existe uma dificuldade em mensurar qual o valor do prejuízo que pode ser causado por sistemas ineficientes de gerenciamento, devido a esse fator é um desafio conseguir convencer a gestão em investir em tais sistemas (ARAÚJO, 2010).

## 2.2 SISTEMAS DE ALARMES SEM GERENCIAMENTO ADEQUADO

Os sistemas de alarmes sem uma gestão eficaz são sobrecarregados e não conseguem auxiliar o operador de forma adequada, pois o grande número de alarmes pode desviar a atenção do operador de situações que precisam de uma tratativa rápida. Pesquisas mostram que quando o processo é submetido a alguma perturbação, os sistemas podem gerar uma quantidade excessiva de alarmes que tornam a planta inoperável, durante a perturbação o operador pode ter em média 52,8 ações por hora, ou seja, uma ação por minuto, essas ações são tomadas em

conjunto com as informações transmitidas por telefone e rádio, o que torna ainda mais difícil a operação da planta em situação anormal (MATTIASSON, 1999; ROTHENBERG; WILSON, 2003).

Em uma outra pesquisa realizada pelo HSE (*Health and Safety Executive*) (EEMUA 2007), com 96 operadores de 13 plantas, constatou-se que em processo normal um operador é submetido a 1 alarme a cada 2 minutos. Cerca de metade desses alarmes o operador já visualizou nos últimos 5 minutos. Sob condições anormais do processo o operador é exposto em média a 90 alarmes no primeiro minuto e mais 70 nos próximos 10 minutos. Diante dos dados apresentados é explícito que o operador não tem tempo hábil de ter uma ação efetiva sobre cada alarme.

A situação descrita muitas vezes é causada por alarmes ruidosos (que se tornam recorrentes), alarmes de alta duração e avalanche de alarmes. Esses problemas são causados por alarmes mal configurados.

Alarmes ruidosos são os gerados por alterações de *setpoint*, muito deles não precisam de ações do operador. Eles ocorrem geralmente por configuração errada nos limites dos alarmes, esses limites não devem ser configurados muito próximos do ponto de operação (DUNN; SANDS, 2005; LARSSON; 2000).

Os alarmes com duração elevada também não necessitam de uma ação operacional ou por não retornarem ao normal após ações corretivas do operador. Esses alarmes inundam as telas de alarmes, podendo encobrir outros alarmes importantes (DUNN; SANDS, 2005).

Outro problema comum são as avalanches de alarmes, elas sobrecarregam o operador, dificultando a identificação da causa de anormalidades (DUNN; SANDS, 2005).

Além dos problemas citados acima, tem-se outros muito comuns conforme ISA (2009):

- Alarmes gerados e ignorados pelo operador;
- Na ocorrência de alarmes, os operadores não sabem qual ação tomar;
- Lista de alarmes cheia, mesmo quando não há condição anormal no processo;
- Diferentes configurações de alarmes são atribuídas por diferentes operadores.

Todos os problemas citados podem contribuir para ocorrência de incidentes. Muitos desses incidentes poderiam ser evitados se o operador conseguisse identificar o alarme que gerou o possível distúrbio e tivesse tempo adequado para ter uma ação eficaz. A seguir serão apresentados alguns incidentes que estão relacionados com a gestão ineficiente de alarmes.

A explosão de uma refinaria em Milford Haven, em julho de 1994, teve como principal causa a queda de um raio. O mesmo atingiu a refinaria 5 horas antes da explosão, contudo durante esse período os operadores não conseguiram identificar a causa raiz do problema. O sistema de alarmes gerava um alarme em média a cada 2 segundos, o que tornava impossível para o operador identificar a causa raiz e tratar cada alarme. A priorização inadequada dos alarmes também ficou evidente, pois 87% dos alarmes estavam com prioridade alta e a interface gráfica também contribuiu para ocorrência do incidente. Essa ocorrência poderia ter sido evitada caso a operação desligasse a planta, porém a falta de confiança no sistema de alarmes associado a dificuldade de encontrar a causa raiz do problema impossibilitaram tal ação. Esse acidente causou 48 milhões em libras devido a danos materiais causados pela explosão, além de multas e processos judiciais envolvendo os 26 funcionários feridos durante a ocorrência (BRANSBY; JENKINSON, 1998; WILSON, 1998; HSE, 1997).

Outro incidente citado na literatura é o incêndio que ocorreu no euro túnel que ligava França e Inglaterra, em 1996, teve origem pela incorreta formulação dos procedimentos e sistemas que proporcionaram uma série de erros que dificultaram a identificação do incêndio e ações efetivas de resposta (WILSON, 1998).

Em junho de 2000, ocorreu explosão da refinaria Mina Al-Ahmedhi no Kuwait, financeiramente o acidente causou um prejuízo de 400 milhões de dólares. No Brasil, ocorreu explosão de uma plataforma da Petrobras em março de 2001, deixou 11 mortes e um prejuízo da ordem de 5 bilhões de dólares. Em setembro de 2001 ocorreu uma grande explosão na petroquímica AZF em Toulouse, França, causou várias mortes e centenas de feridos (VENKATASUBRAMANIAN, 2003).

Diante dos acidentes descritos, fica evidente a importância de um sistema de alarmes com gerenciamento eficaz, planejamento, implementação, controle e manutenção, o mesmo pode contribuir na identificação da causa raiz do distúrbio e assim auxiliar o operador a tomar uma ação efetiva dentro de um tempo adequado. Além do gerenciamento dos alarmes, o desenvolvimento de algoritmos interligados

aos sistemas supervisórios que consigam identificar, agrupar, classificar e filtrar os alarmes, assim como auxiliar na tomada de decisão dos operados são ferramentas necessárias para evitar acidentes.

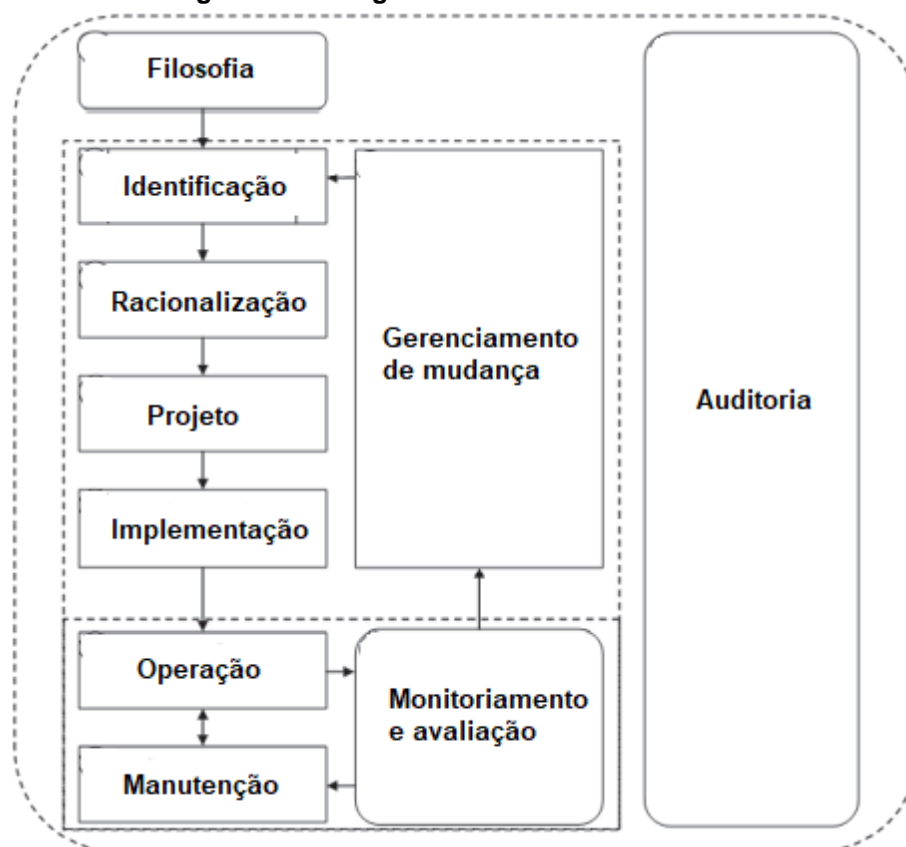
## 2.3 PRINCIPAIS PUBLICAÇÕES SOBRE GERENCIAMENTO DE ALARMES

A seguir serão abordados alguns padrões que têm sido adotados pelas indústrias para o gerenciamento de alarmes, são elas a ISA 18.2, EEMUA 191 e NAMUR 102.

### 2.3.1 ISA 18.2

A ISA 18 é um dos comitês da *International Society of Automation – Instrument Signals and Alarm*, criado em 2003 durante a ISA Expo em Houston, iniciou os trabalhos de desenvolvimento de uma documentação para auxiliar a indústria de processamento na adoção de sistemas de alarmes, desde o planejamento inicial até o gerenciamento de desempenho. Com grande número de consultores, usuários de indústrias e fabricantes de dispositivos, essa norma tem o objetivo de estabelecer terminologias e práticas para os sistemas de alarme. O comitê conta com dois padrões, o ISA 18.1: *Annunciator Sequences and Specifications* e o ISA 18.2: *Management of Alarm System for Process Industries*, esse é específico para o gerenciamento de alarmes e define modelos, terminologias e processos para a implementação e gestão eficientes de um sistema de alarme. A ISA 18.1 consiste no ciclo de vida de gerenciamento de alarmes composto pelas etapas descritas seguir e ilustradas na Figura 1 (ISA, 2009).

**Figura 1 - Ciclo gerenciamento de alarme**



Fonte: Adaptado de ISA (2009).

**Filosofia:** A etapa inicial do gerenciamento de alarmes é a definição da filosofia, esta é um guia para as outras etapas do ciclo de vida do gerenciamento. Inclui algumas definições importantes, tais como a definição do que é considerado um alarme. O alarme pode ser audível e/ou visual, é utilizado como um alerta para o operador de um equipamento com funcionamento anormal, algum desvio do processo ou condição anormal do processo que requer uma ação.

Um dos princípios mais importantes da ISA - 18.2 é que todo alarme requer uma resposta e/ou ação. Isso significa que se o alarme não requer uma resposta do operador, ele não pode ser um alarme. Seguindo esse princípio é possível eliminar grande parte dos alarmes que não são importantes para o processo.

A filosofia de alarmes deve estar documentada e estar clara para os operadores, manutentores e engenheiros.

**Identificação e racionalização:** Essas duas etapas tem por objetivo analisar e definir o conjunto mínimo de alarmes necessários para manter o processo produtivo seguro e sob controle. Na etapa de racionalização são verificadas as configurações dos alarmes, a sua importância e se verifica a real necessidade de implementação

do mesmo com base no que foi definido na filosofia, a consequência, tempo de resposta do operador, ação do operador são documentadas.

Os alarmes são analisados para definir os limites, prioridades, classificação e tipo. A prioridade deve ser definida com base nas consequências do alarme para o processo e tempo de resposta necessário. A classificação identifica grupos de alarmes com características similares, ambiental ou segurança.

Projeto: São definidos nessa etapa a interface de visualização do alarme e o acesso aos alarmes pelo operador para que o mesmo possa identificar, diagnosticar e ter a ação necessária para os alarmes. Também são definidas as configurações como banda morta, utilização de estado do processo ou equipamento para supressão automática do alarme.

Implementação, operação, e manutenção: Nessa etapa os alarmes serão implementados. Inclui as atividades de treinamento e testes. A ISA 18.2 descreve as práticas e procedimento para colocar um alarme em operação, utilizá-lo, retirá-lo de serviço para reparo, substituição ou teste. Para retirar um alarme de operação, a norma cita que devesse incluir uma documentação com justificativa para remoção, informações relativas aos alarmes provisórios, procedimentos especiais de manipulação, assim como testes que são necessários antes de colocar o alarme em operação. São definidas as exigências e recomendações para treinamento e teste, assim como ferramentas que devem estar à disposição do operador para trabalhar com alarmes, tais como supressão de alarme.

Monitoramento e avaliação: O monitoramento constante do desempenho do sistema de alarmes é muito importante para mantê-lo eficaz. Um dos parâmetros que precisa ser monitorado é a quantidade de alarmes apresentados ao operador por hora, para identificar se, por exemplo, o sistema está com sobrecarga de alarmes, alguns parâmetros são ilustrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Índices de desempenho ISA 18.2

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

Fonte: Adaptado de ISA (2009).

Gerenciamento de mudanças: A documentação estruturada de toda alteração que é realizada no sistema de alarmes, seja a remoção ou adição de novos alarmes deve ser registrada, todas essas ações precisam estar de acordo com a filosofia definida. A gestão de mudanças precisa garantir que todas as alterações realizadas no sistema passem por revisões e sejam aprovadas antes da implementação (ISA, 2009).

### 2.3.2 EEMUA 191

A EEMUA 191 junto com representantes da HSE em 1999, publicaram um guia com boas práticas no gerenciamento de alarmes. Todas as etapas para construção, implementação e manutenção do sistema tem como base os tópicos descritos a seguir (EEMUA, 2007):

1. Manuseabilidade: Os sistemas de alarmes devem ser desenvolvidos visando satisfazer as necessidades do operador. As informações que serão apresentadas precisam ser importantes para usuário e de fácil interpretação,

além de que elas precisam ser mostradas com tempo hábil para que o operador possa tomar alguma ação.

2. Segurança: O desenvolvimento do sistema de alarmes deve estar vinculado a necessidade de proteger colaboradores, equipamentos e o meio ambiente.
3. Monitoramento de desempenho: O sistema de alarmes deve ser monitorado continuamente, a fim de garantir o desempenho e efetividade durante todas as condições do processo.
4. Investimentos: Todo alarme que for adicionado ao sistema deve-se seguir uma metodologia pré-definida, observando-se a sua importância, correta implementação e necessidade.

A norma EEMUA 191 define um alarme como um sinal visual e/ou sonoro que indica ao operador a ocorrência de alguma condição “anormal” do processo que precisa da sua atenção ou da tomada de alguma ação. Devido aos operadores executarem diversas atividades, que não se limitam apenas a gestão dos alarmes, e como a função principal do sistema de alarmes é auxiliar o operador nas suas atividades, um alarme precisa obrigatoriamente, segundo a EEMUA:

1. Alertar, informar e conduzir o operador sobre o problema apresentado.
2. Ser útil e relevante para o trabalho do operador.
3. Possuir uma resposta, mesmo que seja apenas mental.
4. Ser apresentado em tempo suficiente para a adoção de um procedimento de resposta.
5. Ser projetado considerando limitações humanas.

Para atender aos cinco itens descritos acima, é preciso que o sistema de alarmes tenha como características:

- Relevância: Apenas informações importantes e que exigem uma resposta mesmo que mental do operador devem ser alarmes. Aquelas que não possuem essa característica não deve ser um sinal de alarme.
- Singularidade: Uma mesma informação não deve gerar alarmes diferentes. Visando evitar a duplicidade de alarmes.
- Precisão: As informações devem ser apresentadas dentro de um intervalo de tempo em que o operador consiga ter uma ação adequada. O alarme não deve ser apresentado com muita antecedência, pois o operador pode



esquecer de tomar ação necessária e se for apresentado muito tarde pode não haver tempo de ter uma resposta adequada.

- Importância: Todos os alarmes devem possuir uma prioridade definida, auxiliando o operador na tomada de decisão.
- Clareza: As informações devem ser apresentadas de forma objetiva e clara.
- Diagnóstico: Todos os alarmes devem identificar o problema ocorrido.
- Consultivo: O conjunto de respostas a serem tomadas deve estar disponível.
- Focado: Apresentar somente informações relevantes para o funcionamento correto da planta.

As características citadas definem o que é necessário para implementar um sistema de gerenciamento de alarmes com base na EEMUA 191. Conforme a norma, esses princípios devem ser seguidos tanto na definição de novos alarmes quanto para os já implementados. Também deve-se observar as características abaixo:

- Classificação de riscos: Identificação dos alarmes relacionados a segurança, dimensionamento de cada alarme e o grau de redução de riscos com a adoção dos mesmos. Devem ser gerados documentos de classificação de riscos considerando-se normas e legislações e são baseados em ferramentas tais como: *Fault Tree Analyses, Event Tree Analysis, Human Error Quantification*.
- Ergonomia: Identificação do número de operados existentes e qual as tarefas executadas pelos mesmos. Desenvolvimento de interface gráfica para os alarmes e informações considerando as cores a serem utilizadas, apresentação, acesso das informações e procedimentos de resposta.
- Projeto individualizado do alarme: Revisão dos alarmes implementados que não fazem parte da classificação de risco, identificação dos que necessitam de tratamento diferenciado quanto a integridade e dispositivos de visualização, geração de formulários formais contendo dados, procedimentos de resposta e projetos de implementação referentes a cada um dos alarmes.
- Projeto de integração: Racionalização das listas de alarmes propostos de forma a satisfazer os princípios chave do projeto de um sistema de alarmes descritos nos atributos e características.

- Configuração do sistema de alarmes: Instalação e configuração lógica dos alarmes. Armazenar as informações históricas dos alarmes.
- Teste e otimização: Testar o sistema de alarmes, verificar funcionamento dos sensores, meios de comunicação, avaliar as configurações, requisitos de ergonomia, medição dos parâmetros de desempenho, determinação dos procedimentos de teste e implantação de medidas de otimização.

Para maior eficiência na modelagem do sistema de alarme é importante que equipes de diferentes especialidades participem do desenvolvimento do sistema. Desse modo torna-se mais fácil a identificação dos problemas e das possíveis soluções. A primeira etapa para implementação do sistema é identificar as causas geradoras das recomendações para criação de alarmes. Pode-se citar dentre elas:

- Uso e prática;
- Especificação do equipamento;
- Relatório de falhas de equipamentos e sistemas;
- Legislação do Estado ou regulamentação da empresa;
- Planejamento, principalmente de novos sistemas;
- Redução de custos e complexidade de sistemas de controle;
- Simulações;
- Análise de tarefas;
- Revisões de segurança e análise quantitativa e qualitativa de riscos.

Muitas dessas causas são decorrentes de processos informações, não são documentadas, é preciso que todo alarme independente da fonte de origem, seja justificado, corretamente planejado e consistente com a política de classificação de riscos.

A EEMUA 191 referência o sistema de alarmes como uma das inúmeras ferramentas existentes na redução de incidentes nas plantas e utiliza das normas IEC 61508 e IEC 61511 como padronização dos alarmes relacionados à segurança. Essa norma também destaca que a execução dos sistemas de alarmes deve ser realizada de maneira independente e separada do sistema de controle de processos, e que os alarmes devem ser classificados em função da sua prioridade.

Destaca-se também que a redução de risco depende da confiabilidade dos equipamentos e da resposta adequada do operador ao alarme. Sendo que a sua resposta depende dos fatores:

- Forma que o alarme é apresentado;
- Tempo disponível para interpretação e ação do operador;
- Nível de estresse do operador;
- Fatores básicos de desconfiança no desempenho do operador (distração, negligência, esquecimento).

Além dos equipamentos serem confiáveis, é necessário que o sistema de alarmes também seja confiável. A confiabilidade do mesmo pode ser definida com base nas seguintes características:

- Sobrecarga de alarmes: O sistema de alarmes não deve possuir alarmes em excessos, sobrecarregando o operador.
- Desempenho do sistema: Deve-se monitorar constantemente o sistema de alarmes, para garantir não ocorra sobrecarga do mesmo.
- Interface de visualização: Os alarmes devem ser uma fácil interface de visualização de forma a facilitar a visualização pelos operadores.
- Treinamento: Os operadores devem ser treinados nas atividades a serem executadas.
- Prioridade: Os alarmes devem ser corretamente priorizados.
- A análise das características citadas tem por finalidade garantir que em qualquer cenário de operação o número máximo de alarmes relacionado a segurança não ultrapasse a taxa de operabilidade do operador (EEMUA, 2007).

Um dos principais objetivos da EEMUA 191 é a manuseabilidade do sistema de alarme. Ou seja, a facilidade do operador conseguir dar tratativa adequada para cada alarme em um tempo suficiente, porém essa característica depende da definição dos níveis de prioridade adequado dos alarmes e dos valores em que eles são ajustados. A definição do grau de prioridade dos alarmes, auxilia o operador na tomada de decisão de qual alarme deve ser tratado primeiramente, ela pode ser definida com base no grau de severidade das consequências do alarme e/ou no tempo de resposta necessário. Conforme a norma adota-se três categorias de

prioridade para cada estágio de operação, com prioridade para aqueles alarmes disparados em estados mais críticos da planta. A EEMUA 191 especifica que regras escritas para a adoção do grau de prioridade de cada alarme sejam adotadas, aplicando-as de forma consistente em todos os sistemas de alarmes (EEMUA, 2007).

A configuração correta do sistema de alarmes não é suficiente para ter um sistema eficaz, é necessário que os instrumentos utilizados em campo também sejam escolhidos de forma adequada, pois os mesmos podem gerar diversos alarmes no sistema. São causas de alarmes em equipamentos de campo: escolha de sensores e chaveadores, localização física dos sensores, banda de ação do sensor, validação dos sinais nos sensores de alarme (EEMUA, 2007).

Os dispositivos de visualização de alarmes têm por objetivo destacar os alarmes para o operador, promovendo fácil identificação da condição sinalizada pelo alarme. Comumente são utilizadas as listas de alarmes e esquemas de planta para visualização dos alarmes. As listas são muito utilizadas por possibilitarem a apresentação de diferentes tipos de alarmes através de um único meio de visualização. Os esquemas de alarmes identificam a falha dentro da planta, porém os mesmos devem ser utilizados somente para alarmes críticos, pois se todos os alarmes forem apresentados simultaneamente ao operados pode gerar uma poluição visual. Os dispositivos de visualização devem ser configurados levando-se em conta fatores humanos, por exemplo: a intensidade das cores aplicadas deve refletir o estado e prioridade do alarme (EEMUA, 2007).

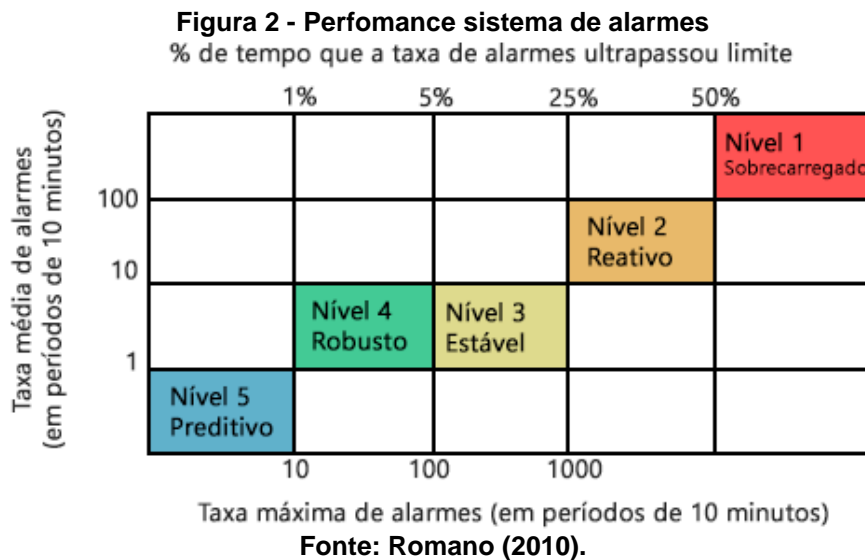
A norma recomenda o treinamento dos operadores para correta utilização do sistema de alarmes para melhorar o desempenho nas atividades realizadas pelos mesmos.

A EEMUA 191 também aborda a importância de mensurar o desempenho do sistema, os KPIs (*Key Performance Indicators*), são indicadores chave de desempenho, para os sistema de alarmes, são eles: taxa média de alarmes, taxa máxima de alarmes e a porcentagem de tempo que a taxa de alarmes está fora da margem aceitável.

A taxa média de alarmes por período de 10 minutos pode ser calculada pela divisão do número total de alarme por hora dividido por seis. A taxa máxima de alarmes por período de 10 minutos é a pior situação que pode ocorrer durante um período de 10 minutos, se calcula dividindo o tempo em parcelas de 10 minutos

consecutivas e registrando o máximo de alarmes que são anunciados ao operador nesse período.

A porcentagem de tempo que a taxa de alarmes está fora da margem aceitável é a mensuração da proporção de tempo que os alarmes estão fora da margem aceitável. A partir dos três KPIs citados é possível definir o nível de performance do sistema conforme Figura 2, o gráfico é união dos três KPIs na parte superior é analisado a porcentagem de tempo que a taxa de alarmes ultrapassou o limite, na lateral a taxa de alarmes média em 10 minutos e na parte inferior a taxa máxima de alarmes em períodos de 10 minutos.



Avaliando esses indicadores é possível ter a avaliação da performance do sistema, sendo elas, preditivo, robusto, estável, reativo e sobrecarregado.

O nível 5 é o ideal, nesse nível o sistema de alarmes poderia prever o futuro estado da planta e ajustar as configurações da planta para necessidade do processo, porém essa tecnologia ainda não está disponível. O nível 4 é o que pode ser alcançado com a tecnologia atual, tanto a taxa de alarme médio quanto o pico de alarmes estão sob controle. O nível 3 estável está sob controle durante situações sem distúrbios da planta, em situações anormais apresenta altas taxas de alarmes. O nível 2, reativo, é quando o sistema melhorou porém continua com grande número de alarmes. O nível 1, é quando a taxa de alarmes é extremamente elevada e a confiabilidade do sistema de alarmes é mínima (EEMUA, 2007).

### 2.3.3 NAMUR 102

A NAMUR 102 é uma organização internacional de usuários de processo de tecnologia de automação, sua última versão é de 2008, ela descreve procedimentos de projeto para sistemas de alarme, recomendações para monitoramento do desempenho, sugestões e funcionalidade para vendedores de equipamentos de controle. Esse documento serve como guia para processo de implementação do sistema de alarme, desde a fase de engenharia, montagem, durante a fase de operação da planta, manutenção do sistema, otimização do sistema de monitoramento (ARAÚJO, 2010).

## 2.4 GERENCIAMENTO DE ALARMES EM DIFERENTES INDUSTRIAIS

Neste item serão descritos alguns estudo de caso sobre o gerenciamento de alarmes em indústrias químicas, petroquímicas e de óleo e gás.

### 2.4.1 Gerenciamento de Alarmes na Petrobrás

Conforme descrito no artigo “Tratamento avançado de alarmes em unidades industriais – práticas atuais e desafios” a Petrobras vem investindo nos últimos anos em segurança e eficiência operacional, dentro desse contexto está o investimento em gerenciamento de alarmes (SAITO; COSTA; CARRERA, 2010).

Inicialmente a empresa buscou interpretar as referências bibliográficas existentes e adaptar a sua realidade, procurando definir uma filosofia de alarmes voltada para suas plantas industriais. Na sequência, o conhecimento adquirido foi aplicado em projeto pilotos e assim foram identificados práticas de projeto, implantação e gestão operacional de alarmes. Sendo então possível estabelecer uma metodologia de gerenciamento de alarmes que está consolidada como uma nova norma N-2900 “Gerenciamento de alarmes” sobre o tema na companhia. Em conjunto com essas atividades, o fortalecimento da tecnologia nacional foi estimulado por meio de investimentos em P&D com foco no desenvolvimento de algoritmos para análise e diagnóstico de situações anormais. O resultado de 2 anos de estudo foi traduzido na ferramenta “BR-AlarmExpert” que é utilizada em diversos segmentos da companhia nas áreas de E&P e de refino (SAITO; COSTA; CARRERA, 2010).

Nas plantas já existentes da Petrobras o trabalho de gerenciamento, consiste na racionalização dos alarmes, com foco na análise dos “*bad-actors*”, esses são alarmes com maior frequência de ativação, identificados por uma análise estatística. Para o sucesso do trabalho, foi observada a necessidade da sistematização do mesmo para obtenção de resultados contínuos. Também é destacado a importância de documentar todo o processo de alteração dos alarmes na etapa de implementação. A gestão de mudanças contendo explicações do objetivo de determinado alarme, alteração realizada e a sua relevância. Em projetos mais recentes de plantas industriais, a Petrobras desenvolve projetos que visam a racionalização dos alarmes desde a fase do projeto básico, com a mudança na cultura de implementação de alarmes, as equipes de instrumentação e automação tem inserido nas discussões a preocupação em relação ao excesso de alarmes, o conceito de alarmes dentro da filosofia definida, o tempo de resposta necessário para tratativa de cada alarme (SAITO; COSTA; CARRERA, 2010).

Algumas estratégias de automação têm sido utilizadas para reduzir a “avalanche de alarmes” que ocorre durante paradas de equipamentos e sistemas:

- Supressão de alarmes de pressão e vazão em sistemas de escoamento em função de transientes como partida automática de bombas reserva ou cuja parada do equipamento for comandada pela operação.
- Supressão de alarmes durante parada de fornos e caldeiras, fontes de grande perturbação operacional;
- Extinção de alarmes de posição de válvulas *on-off* substituindo-os por alarmes de discrepância;
- Apresentação de alarmes agrupados, quando associados a sistemas “pacotes”;
- Supressão de alarmes de instrumentos redundantes e inclusão de alarme de desvio.

Também foram adotadas as práticas listadas abaixo, visando obter uma uniformidade no projeto, elas também causam impactos nas práticas de configuração dos sistemas digitais (SAITO; COSTA; CARRERA, 2010):

- Definição de um critério de priorização de alarmes com apenas 4 níveis de prioridade;

- Implementação de reconhecimento automático pelo sistema digital para alarmes de baixa prioridade;
- Utilização de quadro sinótico para alarmes de prioridade crítica no lugar das IHM dos sistemas supervisórios;
- Criação de uma base de conhecimentos “*on-line*” dos alarmes.

Durante o projeto básico, a identificação da causa do alarme, da ação requerida do operador em resposta ao alarme e o impacto gerado pela não atuação para correção da anormalidade são informações que podem ser extraídas durante a atividade de análise de risco (HAZOP) da planta. Esse levantamento é relevante para a correta priorização dos alarmes e para facilitar a futura gestão de mudanças da planta em operação. As informações levantadas também podem ser utilizadas para aplicação de técnicas mais inteligentes para o suporte operacional (SAITO; COSTA; CARRERA, 2010).

#### 2.4.2 Gerenciamento de Alarmes em uma Indústria Siderúrgica: Um Estudo de Caso

O presente estudo de caso apresenta a implementação do gerenciamento de alarmes em um forno de reaquecimento de blocos no qual foram utilizadas as métricas de desempenho e melhorias propostas na EEMUA 191 e o ciclo do gerenciamento proposto pela ISA SP18. O forno de reaquecimento em blocos pode ser dividido em quatro áreas: Aquecimento, movimentação, Escarfadeira e sistemas auxiliares (ARAÚJO, 2010).

O foco do trabalho é no sistema de aquecimento, composto por 3500 variáveis, sendo que 955 estão configuradas como alarmes. Inicialmente esse sistema possui em média 1894 alarmes/dia, quantidade muito superior a recomendada pela EEMUA 191, 144 alarmes/dia. Foi realizada uma análise dos alarmes mais ativos e identificado que 66% dos alarmes são gerados por 4 alarmes. Também foi identificado o percentual de tempo em que o sistema ficou instável, esse percentual representa o tempo em que a planta operou em condições de instabilidade, sendo classificado como tal sempre que houver mais de 30 alarmes no intervalo de uma hora. A planta em estudo apresentou 84% de instabilidade. A taxa de pico de alarmes por hora é a maior quantidade de alarmes apresentados em 10 minutos, multiplicado por seis. No sistema em questão corresponde a 1062 por hora,



correspondendo a um pico de 177 alarmes em 10 minutos. Identificou-se a duração dos alarmes e, após análise, constatou-se que alguns alarmes que possuem a duração muito curta. Possivelmente configurados errados, pois não há tempo para ação do operador e alguns com longa duração superior a 1 hora (ARAÚJO, 2010).

Após o diagnóstico inicial, foi realizada uma comparação dos indicadores atuais do sistema com os indicadores proposto pela EEMUA 191 e então foi realizada a racionalização dos alarmes. As principais implementações realizadas foram: remoção de 125 alarmes que não desempenhavam o papel de alarmes e sim de notificação ao operador, utilizados como intertravamento, alarmes falsos e alarmes de sistemas que já foram removidos, atribuição de prioridades a todos os alarmes baseados no documento de filosofia de alarmes e mudanças de descrições incorretas de alguns alarmes. Após a implementação do gerenciamento a média de alarmes por dia passou a ser 174, redução de 91%, o pico de alarmes 28 alarmes em 10 minutos, redução de 84% e a média de alarmes em 10 minutos passou a ser de 4 alarmes, redução de 70% (ARAÚJO, 2010).

## 2.5 ESTADO DA ARTE DO GERENCIAMENTO DE ALARMES

Nos últimos anos aumentaram os investimentos em softwares de gerenciamento de alarmes, devido a sua importância, as normas tais como a EEMUA 191 e a ISA 18.1 são utilizadas como guia na implementação do gerenciamento e como base para gerar os relatórios de indicadores nos *softwares*. Estudos de caso tais como os citados no capítulo anterior demonstram como a indústria brasileira possui deficiência no gerenciamento de alarmes e possui grandes oportunidades de obter benefícios através do mesmo. Dentro desse contexto, existem diversas empresas que comercializam *softwares* de gerenciamento tais como: Matrikon, ABB, Yokogawa, Honeywell, logique sistemas, dentre outras. Esses *softwares* fornecem relatórios, com os seguintes indicadores:

- Contagem de alarmes diários;
- Frequência de ocorrência de alarmes;
- Detecção e contagem de alarmes contínuos;
- Taxa de pico de alarmes;
- Distribuição de prioridade de alarmes;

- Distribuição de alarmes por área;
- Detecção de alarmes correlacionados;
- Classificação do sistema de alarmes.

Alguns desses *softwares* possuem a funcionalidade de enviar mensagens, e-mail, quando um alarme é ativado, assim como enviar relatórios diários com informações a respeito do desempenho do sistema.

Paralelamente as soluções voltadas para o gerenciamento de alarmes, também tem sido desenvolvidos estudos e pesquisas visando otimizar os sistemas de alarme. Nesse contexto em Foong et al. (2009), é descrito um sistema de priorização de alarmes, chamado de (ALAP) *Alarm Priorization*, que utiliza lógica nebulosa, para priorizar alarmes durante períodos de enxurradas de alarmes. No trabalho de conclusão de curso de Kondo (2013), foi utilizada a mineração de processos para a identificação de padrões comportamentais na racionalização de alarmes em plantas industriais. Aguiar (2010), utiliza a combinação das técnicas de mineração de sequências, mineração de regras de associação com MNR (Regras de associação Mínimas não Redundantes), para a identificação de padrões de alarmes, análise de correlação cruzada e modelagem de redes complexas), para a identificação de padrões de alarmes. Com a detecção de alarmes redundantes e sua supressão, um número menor de alarmes seria mostrado ao operador (ARAÚJO, 2010).

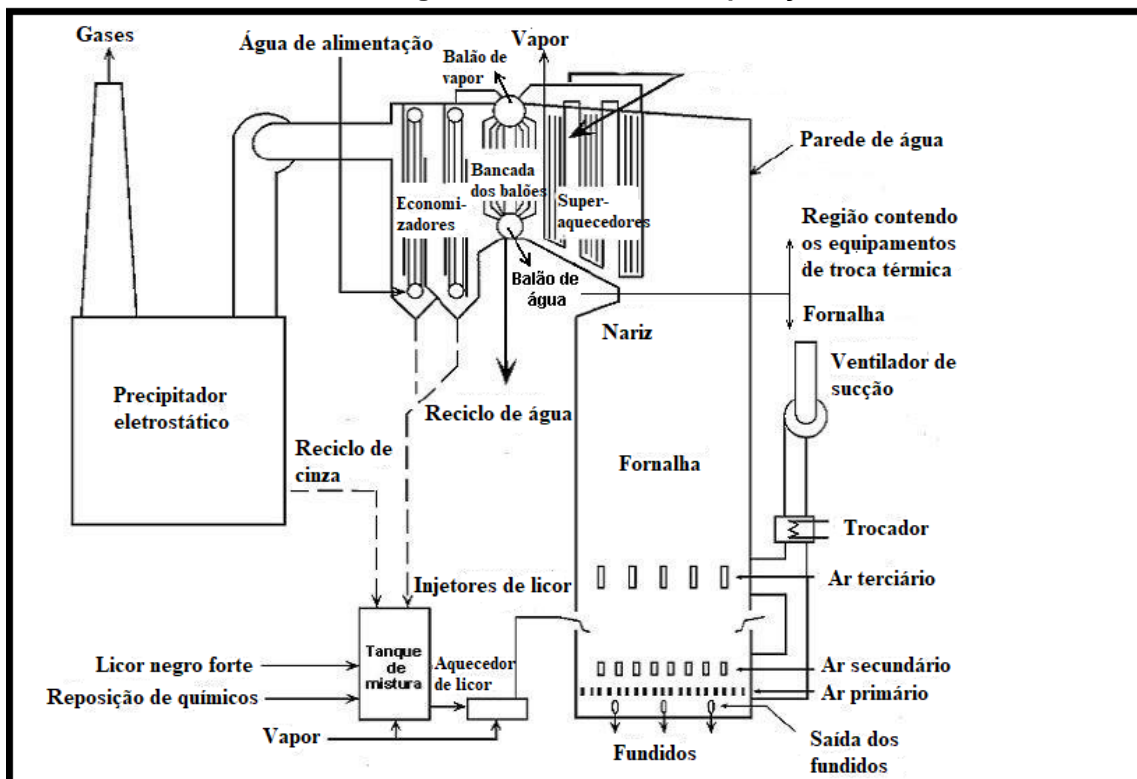
### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo será abordada a metodologia utilizada para a implementação do gerenciamento de alarmes em uma planta química, incluindo as etapas de filosofia de alarmes, identificação, racionalização, projeto, gerenciamento de mudanças e implementação.

#### 3.1 GERENCIAMENTO DE ALARMES EM UMA CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO QUÍMICA

A planta escolhida para implementação do gerenciamento de alarmes é uma caldeira de recuperação química (Figura 3). Ela possui duas funções principais de reator químico para produção de Carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) e Sulfeto de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) e gerador de vapor, através da queima de licor preto como combustível para produção de energia elétrica.

Figura 3 - Caldeira de recuperação



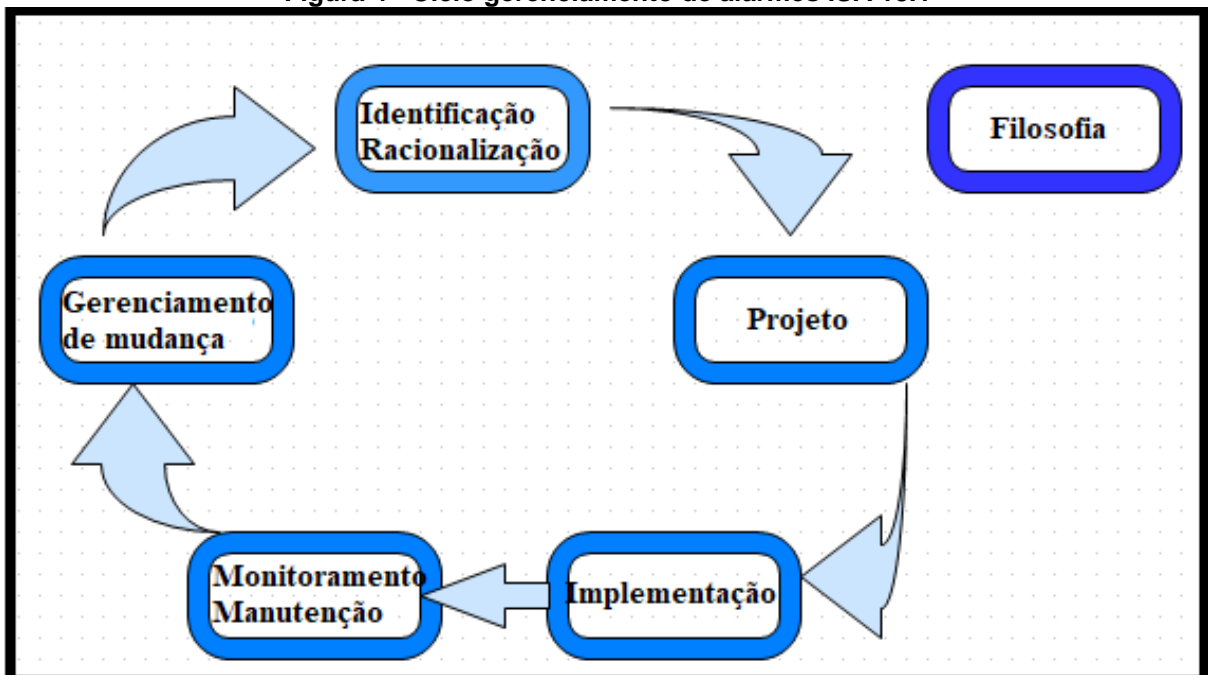
Fonte: Adams (1997).

Conforme ilustrado na Figura 3, a caldeira é dividida em duas partes, a fornalha, responsável pela combustão da matéria orgânica contida no licor e os equipamentos para troca térmica entre os gases de combustão, água líquida e vapor, responsável pela produção de vapor superaquecido. Após a caldeira tem-se o precipitador eletrostático e a chaminé. São utilizados 4 controladores lógicos programáveis e 5 controladores de processo que são responsáveis pelo controle da caldeira. O sistema de alarme da caldeira de forma geral não é devidamente utilizado, pois são gerados inúmeros alarmes por minuto, o que impede que o operador consiga tratar de forma adequada cada um deles. Também não existe nenhum tipo de controle de alterações dos limites dos alarmes, inclusive alguns deles estão liberados para operação alterar. Devido ao baixo desempenho identificado do sistema de alarmes e dos problemas citados, é necessário implementar o gerenciamento de alarmes.

### 3.2 MÉTODO

A metodologia utilizada para implementar o gerenciamento de alarmes na caldeira de recuperação química conforme o guia ISA 18.1 e EEMUA 191, as etapas estão ilustradas na Figura 4.

Figura 4 - Ciclo gerenciamento de alarmes ISA 18.1



Fonte: Autoria própria.

### 3.3 FILOSOFIA DE ALARMES

A definição da filosofia de alarmes é o primeiro passo para iniciar o gerenciamento de alarmes, ela estabelece todas as definições e etapas necessárias para implementar e manter o sistema de gerenciamento de alarmes. No documento desenvolvido com base no guia da ISA 18.1, estão presentes as seguintes definições:

- Objetivo do sistema de gerenciamento de alarme;
- Definições (alarmes, priorização de alarmes, taxa de alarmes, gerenciamento de alarmes, etc);
- Papéis e responsabilidades no gerenciamento de alarmes;
- Princípios do projeto de um alarme;
- Racionalização;
- Definição da classe de um alarme;
- Atribuição de prioridade dos alarmes;
- Indicadores de desempenho do sistema;
- Monitoramento do sistema de alarmes;
- Guia de implementação;
- Gerenciamento de mudança;
- Monitoramento do sistema de alarmes;
- Manutenção do sistema de alarmes;
- Auditoria do sistema de alarmes;
- Treinamento das equipes.

### 3.4 DIAGNÓSTICO INICIAL DO SISTEMA DE ALARMES

Para iniciar a implementação do gerenciamento de alarmes, foi necessário fazer um diagnóstico inicial do sistema, para identificar quais alarmes precisam ser modificados e entender como está a “saúde” do sistema. Para essa análise foram exportados dados da lista de alarmes do sistema supervisorio para uma planilha em excel e então gerados relatórios com as análises tendo como base os seguintes indicadores:

- Quantidade de alarmes por dia;

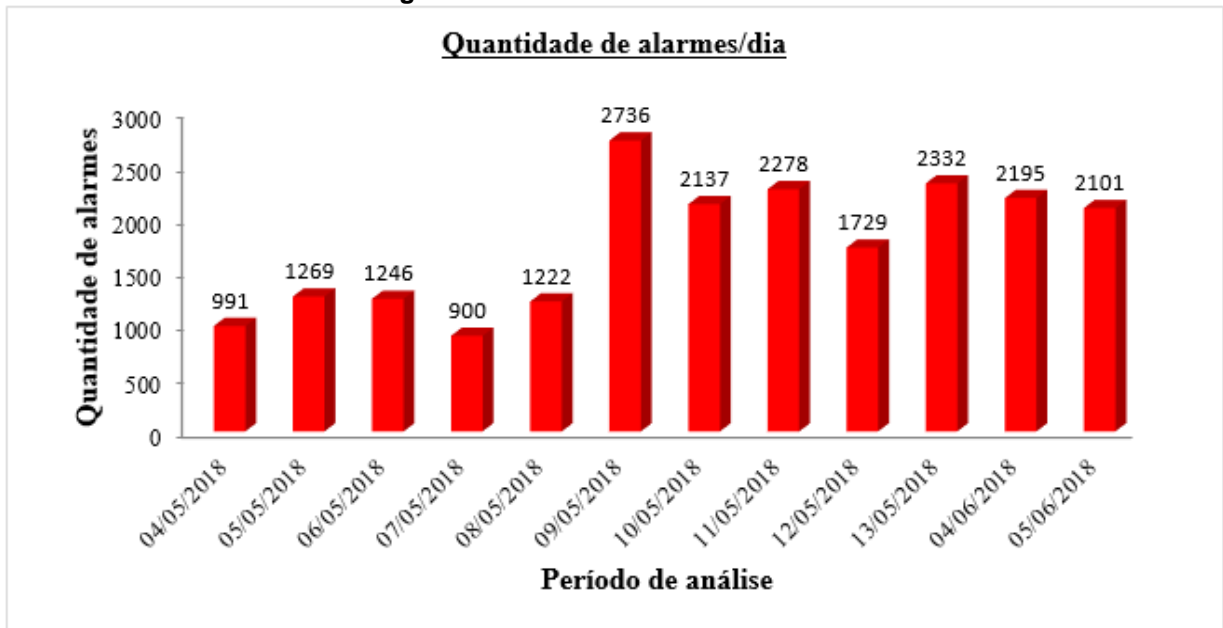
- Quantidade de alarmes por hora;
- Percentual de instabilidade (Percentual de tempo em que ocorreu mais de 30 alarmes/hora).

Para identificar os problemas do sistema, foram analisados quais os alarmes mais frequentes em períodos de operação normal da planta. Foram utilizados dados no período de 04/05/2018 a 13/05/2018 e 05/06/2018 a 06/06/2018. Foi utilizado o período destacado acima devido a algumas distúrbios na planta, sendo esses dias em que a planta esteve com distúrbios excluídos da análise, pois são gerados muitos alarmes nesses períodos, além de que o sistema armazena os dados no período máximo de 1 mês, devido ao espaço ocupado pelas extensas listas de alarmes.

#### 3.4.1 Quantidade de Alarmes por Dia e por Hora

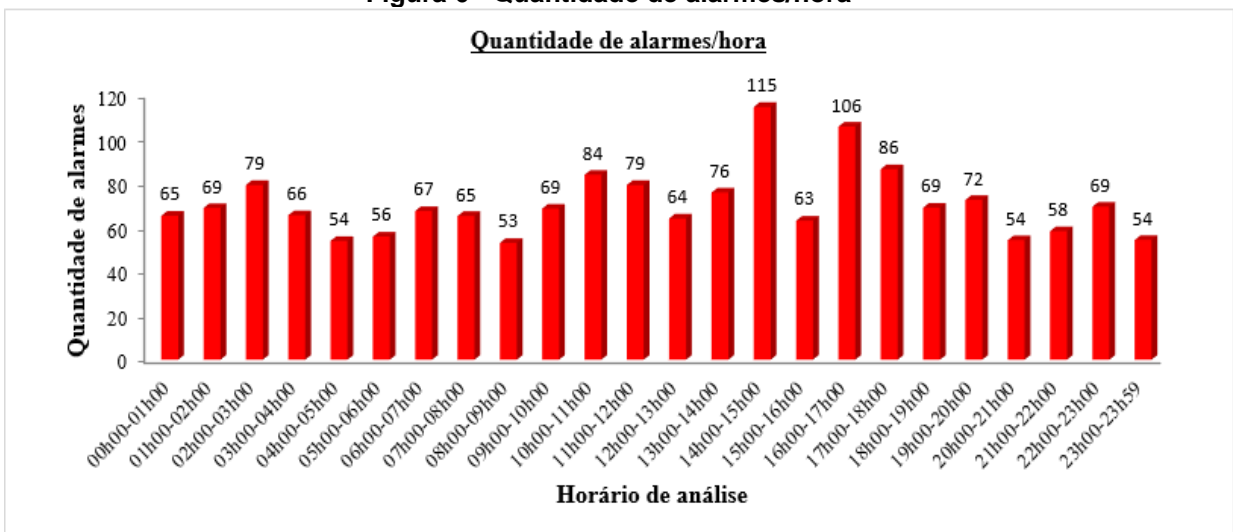
Um número excessivo de alarmes gerados diariamente faz com que o operador não tenha tempo suficiente para tratar de forma adequada cada alarme, pois o processo de reconhecimento e tratativa do alarme envolve as etapas de detectar o alarme, silenciar/reconhecer, entender a situação/contexto que gerou o alarme, verificar se de fato ao alarme é válido, determinar a ação corretiva apropriada e acompanhar se a ação foi eficaz. Tendo em vista esses conceitos conforme a ISA 18.1 o número de alarmes/dia satisfatório é de 150 e o máximo gerenciável é de 300 alarmes/dia e o número de alarmes/hora satisfatório é 6 e o máximo gerenciável 12 alarmes/hora. No período analisado o sistema alarme possui média de 1692 alarmes/dia e média de 71 alarmes/hora, conforme ilustrado nas Figuras 5 e 6.

Figura 5 - Quantidade de alarmes/dia



Fonte: Autoria própria.

Figura 6 - Quantidade de alarmes/hora

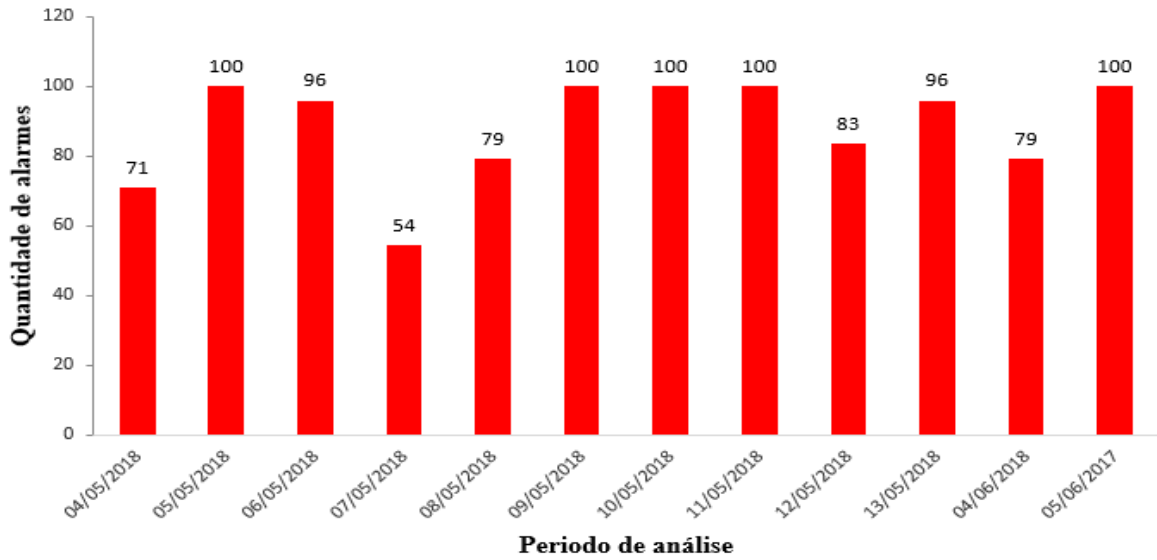


Fonte: Autoria própria.

### 3.4.2 Percentual de Instabilidade

É o percentual por dia em que ocorreram mais de 30 alarmes em um intervalo de uma hora. Nessa situação considera-se que o sistema está instável. Esse indicador revela o grau de sobrecarga do operador com relação aos alarmes ativados. Conforma a ISA 18.1 o percentual de instabilidade deve ser de apenas 1%. No período analisado em média o sistema de alarme esteve instável durante 88% do tempo (Figura 7).

**Figura 7 - Instabilidade sistema alarmes**  
**Percentual de instabilidade**

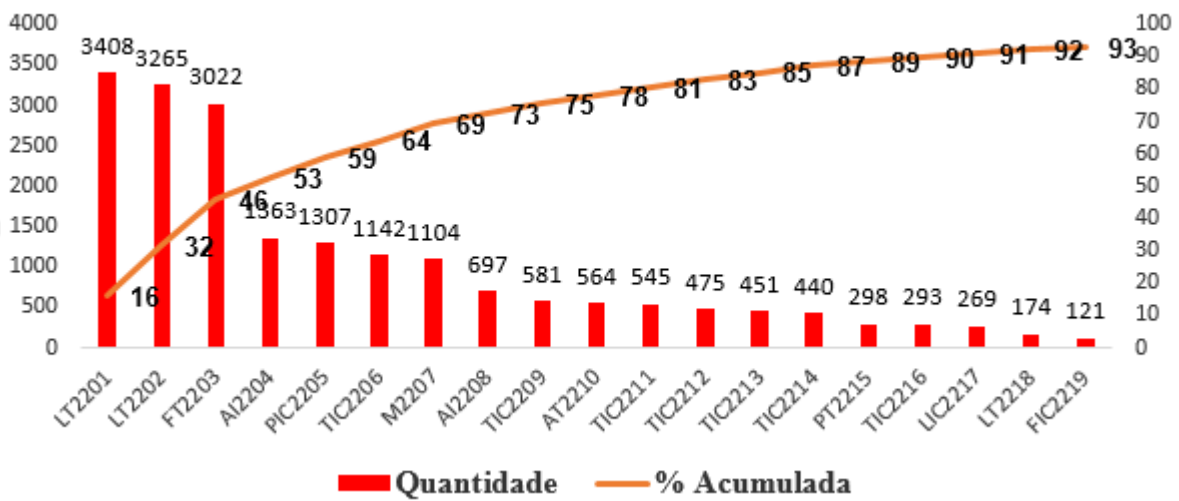


Fonte: Autoria própria.

### 3.4.3 Alarmes Mais Frequentes

Frequentemente a maior parte dos alarmes é gerado por um número pequeno de alarmes, conhecidos como *bad actors*. A alteração da configuração desses alarmes pode proporcionar uma significativa melhoria no sistema de alarmes. O diagrama de Pareto ilustrado na Figura 8 ilustra os alarmes mais frequentes no período de análise, ajustando 11 alarmes é possível reduzir em 80% a quantidade de alarmes ativados no período de 04/05/2018 a 13/05/2018, 04/06 e 05/06.

**Figura 8 - Alarmes mais frequentes**  
**Alarmes mais frequentes**



Fonte: Autoria própria.



### 3.4.4 Diagnóstico do Sistema de Alarmes

Com os dados levantados por meio das análises é possível ter um diagnóstico do sistema de alarmes antes do gerenciamento, conforme ilustrado na Tabela 2 e Figura 9, onde o “X” representa a classificação desejável do sistema conforme a EEMUA e o triângulo a classificação real antes do gerenciamento.

**Tabela 2 - Diagnóstico sistema alarmes**

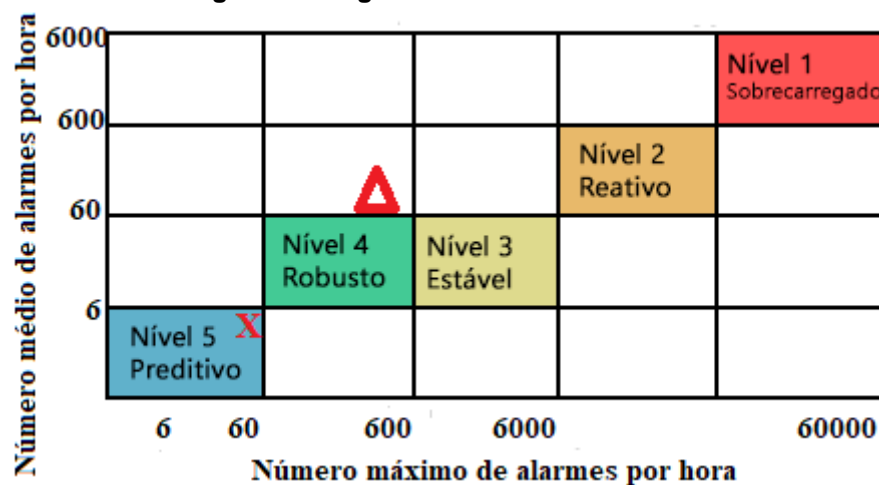
Índice	EEMUA	CDR
Quantidade média de alarmes/dia	150	1692
Quantidade média de alarmes/hora	6	71
Percentual instabilidade	1%	88%
Número máximo de alarmes por hora	60	552

Fonte: Autoria própria.

O sistema de alarmes antes da implementação do gerenciamento é classificado como reativo, estando distante da classificação ideal da EEMUA. Conforme a EEMUA 191, esse tipo de sistema é considerado o nível inicial mínimo da maioria das plantas, é tipo de sistemas recém comissionados que foram implementados com o mínimo das boas práticas ou um sistema já existente que já foram realizadas algumas alterações.

Considerando o baixo desempenho do sistema, é evidente a necessidade de implementação do gerenciamento de alarmes, para que o operador possa confiar no sistema e ter tempo hábil para tratar cada alarme adequadamente.

**Figura 9 - Diagnóstico sistema de alarmes**



### 3.5 GERENCIAMENTO DE MUDANÇAS

Após realizado o diagnóstico inicial do sistema de alarmes, foram definidas as equipes responsáveis e próximos passos para implementação do gerenciamento conforme as definições contidas na filosofia de alarmes.

### 3.6 IDENTIFICAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO

A racionalização dos alarmes consiste no estudo da base de dados dos alarmes para certificar que os seus parâmetros estão configurados corretamente. Devido ao excessivo número de alarmes, optou-se por analisar inicialmente os alarmes ilustrados na Figura 9. Conforme o documento da filosofia de alarmes, após a investigação dos alarmes, os mesmos podem ser alterados ou removidos de acordo com os critérios das Tabelas 3 e 4.

**Tabela 3 - Remoção de alarmes**

<b>Motivo</b>	<b>Descrição</b>
Informativo	Não é um alarme e sim um evento
Intertravamento	Os limites do alarme são utilizados como intertravamento para ligar ou desligar equipamento. Não é necessário ação do operador.
Alarme correlacionado	É ativado a partir de outro alarme.
Alarme falso	Tag configurado erroneamente como alarme.
Sistema inativo	Alarme proveniente de um equipamento desativado.

**Fonte: Autoria própria.**

**Tabela 4 - Alteração configurações dos alarmes**

<b>Alteração</b>	<b>Descrição</b>
Adição de filtros	Adição de filtros, tais como de atraso, para alarmar após determinado tempo em certa condição.
Limite de alarme	Alteração nos limites dos alarmes.
Lógica de intertravamento	Alteração de lógicas de intertravamento para correção de alarmes incorretos.

**Fonte: Autoria própria.**

#### 3.6.1 Análise dos Alarmes

A Tabela 5 apresenta resumidamente alguns dados dos alarmes que foram analisados e quais modificações foram necessárias.

Tabela 5 - Análise dos alarmes

TAG	Nome do Alarme	Problema	Alteração
LT2201	Nível tanque 1	Utilizado os valores de alarme como intertravamento para ligar e desligar uma bomba.	Alterado lógica de intertravamento.
LT2202	Nível tanque 2	Utilizado os valores de alarme como intertravamento para ligar e desligar uma bomba.	Alterado lógica de intertravamento.
FT2203	Vazão vapor	Alarme configurado errado	Adicionado um delay de 10s para L1 e removido H1
AI2204	Emissão de CO	Alarme configurado errado	Alterado valor de H1
PIC2205	Pressão de vapor	Alarme desnecessário	Removido L2
TIC2206	Temperatura de vapor	Alarme está configurado corretamente.	
M2207	Sopragem interrompida	Alarme configurado errado	Adicionado um delay de 2m
AI2208	Medição TRS	Alarme configurado errado	Alteração do limite H1
TIC2209	Temperatura vapor principal	Alarme configurado errado	Alteração do limite
AT2210	Medição particulado	Alarme configurado errado	Alteração dos limites
TIC2211	Temperatura vapor antes do DSH	Alarme configurado errado	Alteração do limite L1
TIC2212	Temperatura vapor DSH Secundário	Alarme está configurado corretamente.	
TIC2213	Temperatura vapor DSH primário	Alarme está configurado corretamente.	
TIC2214	Temperatura vapor antes do DSH secundário	Alarme está configurado corretamente.	
PT2215	Pressão água de alimentação	Alarme está configurado corretamente.	
TIC2216	Vapor DSH primário 2	Alarme está configurado corretamente.	
LIC2217	Nível tanque dissolvedor	Configuração está ok	
LT2218	Nível tubulação de vapor	Alarme está configurado corretamente.	
FIC2219	Vazão água de alimentação	Alarme está configurado corretamente.	

Fonte: Autoria própria.

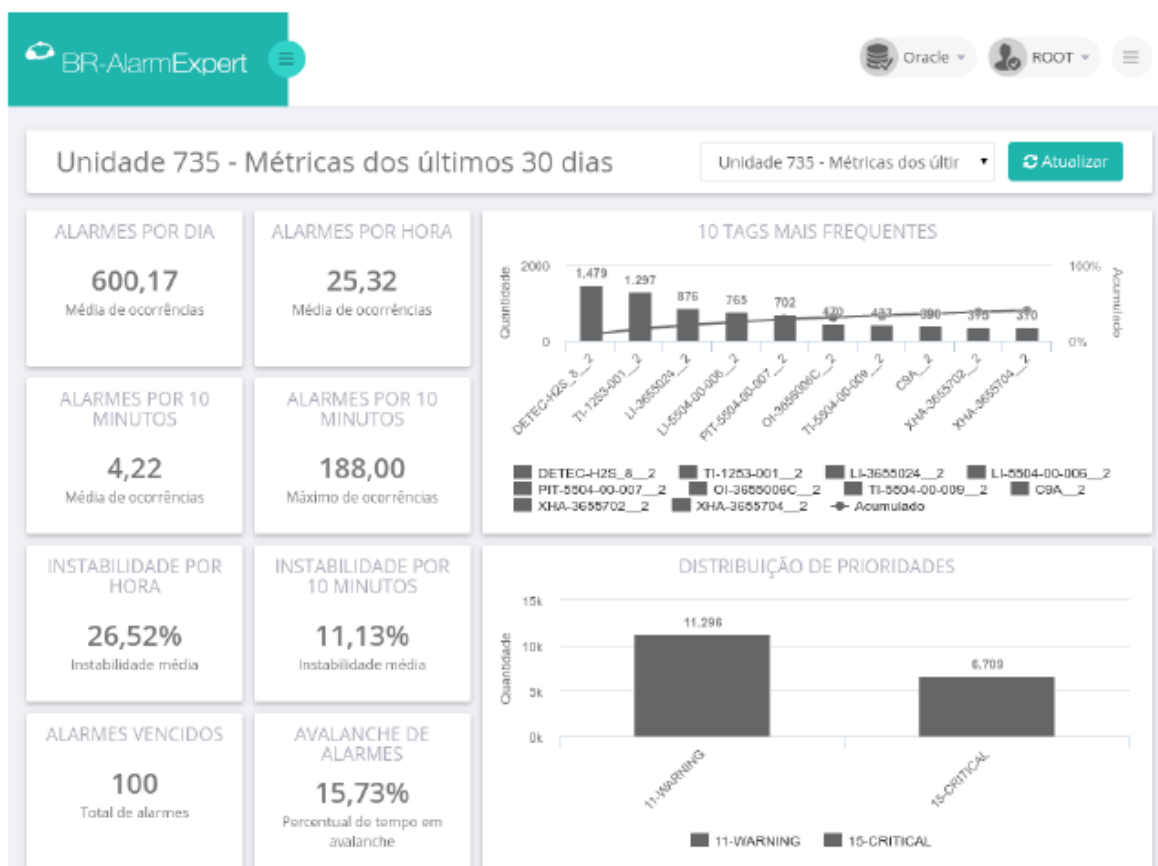
### 3.7 PROJETO

Nessa etapa foi definida a interface de visualização e monitoramento do desempenho do sistema de alarmes. Foi escolhido o *software* BR-AlarmExpert da logique sistemas para visualização de relatórios com os indicadores do sistema de alarmes (LS, 2016).

O BR-AlarmExpert (Figura 10) é um *software* que possibilita a coleta de dados de diferentes sistemas de automação, realizando essa aquisição por diversos

protocolos e métodos. É possível configurar diversos tipos de relatórios de acordo com a necessidade da empresa. Ele é compatível com as normas EEMUA 191 e a ISA 18.2 (LS, 2016).

Figura 10 - BR-AlarmExpert



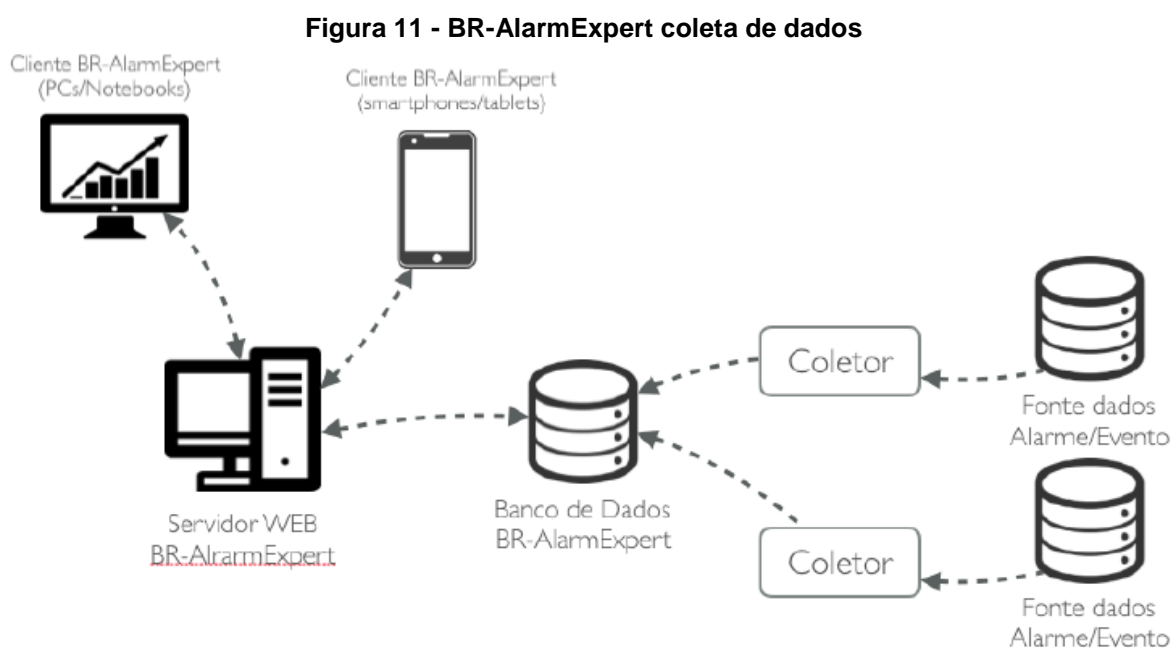
Fonte: LS (2016).

As suas principais características e funcionalidades são:

- Compatibilidade com a EEMUA 191, ISA18.2 e N-2900;
- Permite a criação de *dashboards* de acompanhamento de KPIs em tempo real;
- Permite realizar estatísticas em diversas fontes de dados simultaneamente;
- Sistema totalmente web;
- Relatórios customizados de acordo com a necessidade do cliente, algumas das possibilidades são: identificação de *bad-actors*, distribuição de prioridades, distribuição de alarmes por área, média de alarmes/hora por operador, identificação de avalanches de alarmes, cálculo de instabilidade do sistema de alarmes, estatística completa da duração dos alarmes e dos seus tempos de reconhecimento (LS, 2016).

### 3.7.1 Coleta de Dados

O BR-AlarmExpert possui conectividade com vários sistemas de automação. Os principais métodos de comunicação são OPC A&E, leitura automática de arquivos de alarmes e eventos e sincronização automática de outra base dados de alarmes e eventos. A Figura 11 exemplifica a arquitetura básica e o fluxo de dados da fonte de dados até ser disponibilizado para o cliente (LS, 2016).



Fonte: LS (2016).

O sistema está em fase de teste, após a sua validação será expandido para demais áreas da fábrica, possibilitando o monitoramento do desempenho do sistema de alarmes de toda a fábrica pelas equipes de manutenção, operação e engenharia. Os principais indicadores que serão acompanhados é a quantidade de alarmes por dia, nível de instabilidade do sistema, os *bad-actors* e distribuição de prioridade dos alarmes. Com a instalação desse *software* será possível realizar a manutenção do sistema de alarmes e continuar identificando e corrigindo os alarmes que estão configurados errados, que são desnecessários, etc de acordo com a filosofia de alarmes definida.

### 3.7.2 Implementação

A implementação é a etapa onde são realizadas as configurações necessárias nos alarmes, conforme definido nas etapas de identificação e

racionalização. Nessa etapa também foi realizado a instalação do software, testes dos novos alarme e o treinamento das equipes de manutenção e operação no novo sistema de alarmes.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos com a implementação do gerenciamento de alarmes. Será apresentado os gráficos dos indicadores definidos na metodologia, são eles o números de alarmes por dia, número de alarmes por hora, percentual de instabilidade e os alarmes mais frequentes dos sistema atual. Com o resultados dessas análises é possível identificar qual a classificação atual do sistema de alarmes, após as alterações que foram realizadas.

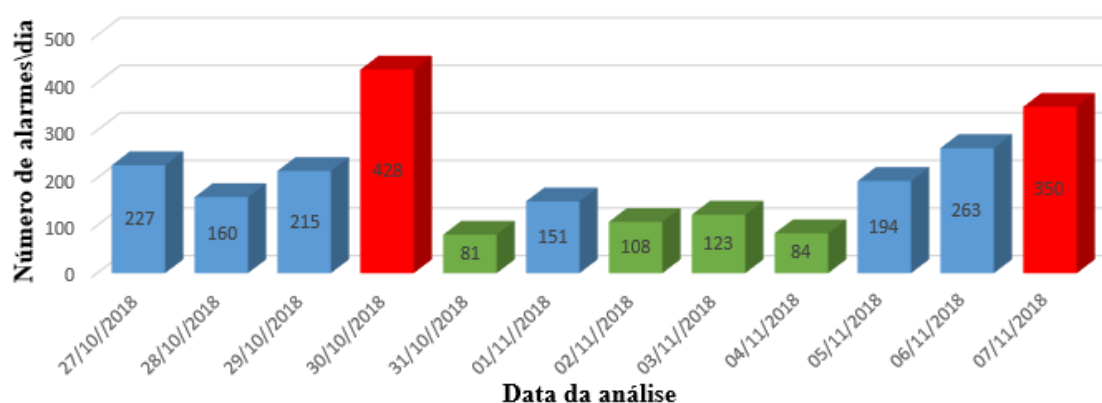
### 4.1 INDICADORES ATUAIS DO SISTEMA DE ALARMES

Foram coletados dados com o auxílio do *software* BR-AlarmExpert do dia 27/10/2018 a 08/11/2018, durante esses dias a planta esteve operando normalmente, sem distúrbios.

A Figura 12 ilustra a quantidade de alarme/dia após a implementação do gerenciamento no período citado acima. Pode-se observar que durante 4 dias que representam 33% dos dias analisados, o sistema de alarmes esteve com desempenho satisfatório 0 - 150 alarmes por dia, destacados em verde, durante 6 dias (50%) esteve com quantidade de alarmes gerenciável 150 - 300 alarmes/dia, destacado em azul e durante 2 dias o número de alarmes foi excessivo, destacados em vermelho (16 %).

**Figura 12 - Alarmes/dia: Atual**

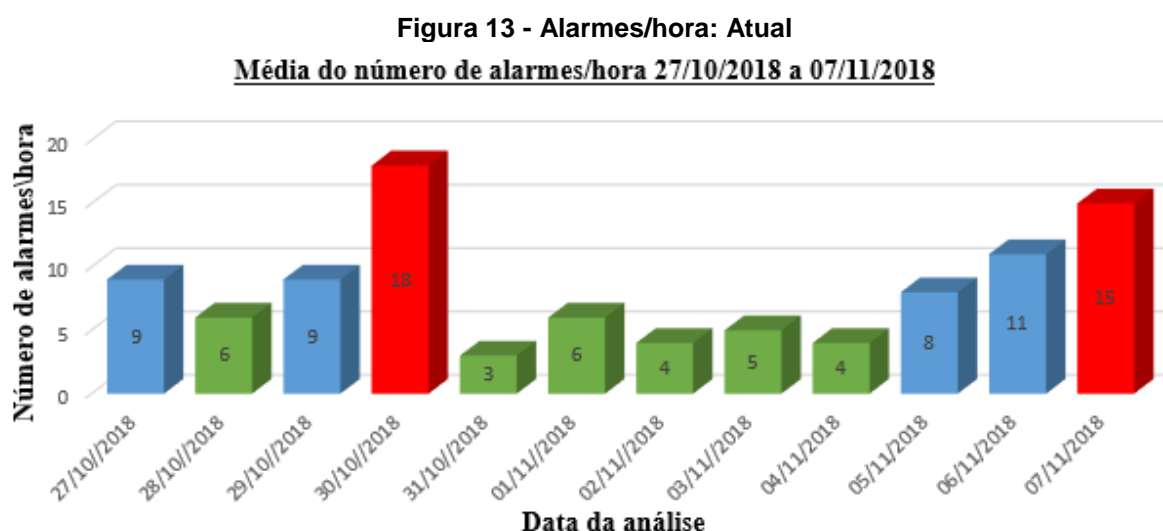
Número de alarmes/dia 27/10/2018 a 07/11/2018



Fonte: Autoria própria.

A média de alarmes por dia antes das modificações realizadas era de 1692 alarmes/dia, após as alterações a média no período analisado é de 198 alarmes/dia, redução de 88%.

A Figura 13 ilustra a quantidade de alarme/hora, conforme a EEMUA 191 a quantidade satisfatório é de 6 alarmes/hora, no período analisado 50% dos dias foram satisfatórios. O máximo gerenciável conforme a norma são 12 alarmes/dia, durante 33% do período a quantidade de alarmes estava dentro desse valor. Apenas durante 16% do período em análise a quantidade de alarmes por hora foi excessiva. A média de alarmes por hora antes do gerenciamento era de 71 alarmes/hora, após as alterações é de 8 alarmes/hora, redução de 89%.

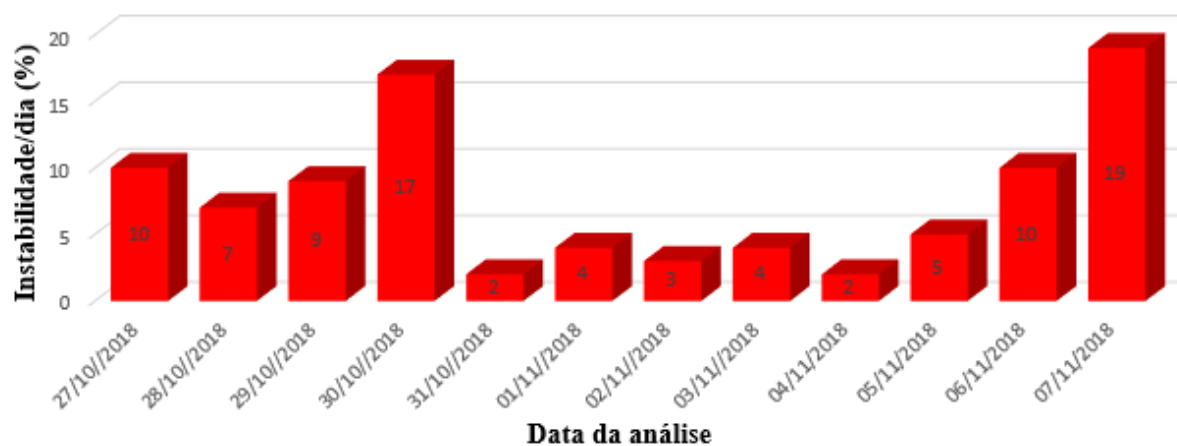


Fonte: Autoria própria.

O percentual de instabilidade de alarmes é ilustrado na Figura 14. Conforme a EEMUA 191 esse indicador representa o percentual de horas por dia em que a quantidade de alarmes foi superior a 30 alarmes/hora, deve ser menor que 1%. Em maio o percentual de instabilidade era de 88%, após as alterações realizadas o percentual atual é em média de 8%, ou seja durante 3 horas ocorreram mais de 30 alarmes/hora.



**Figura 14 - Percentual instabilidade: Atual**  
**Percentual de instabilidade 27/10/2018 a 07/11/2018**



Fonte: Autoria própria.

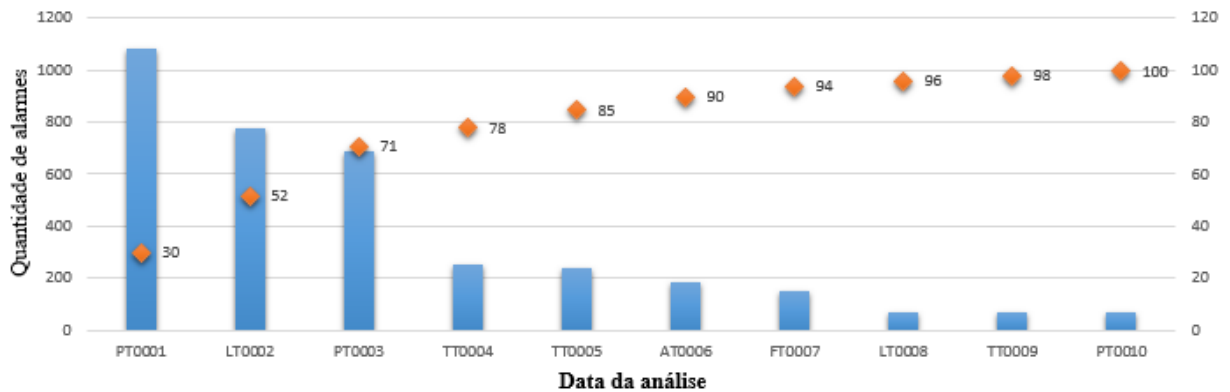
Na Tabela 6 observa-se os alarmes mais frequentes antes do gerenciamento e após as alterações que foram realizadas. Todos os alarmes que foram alterados não estão na lista dos BADActors atuais. A Figura 15 ilustra os alarmes mais frequentes atuais.

**Tabela 6 - Alarmes mais frequentes**

BADActors antes do gerenciamento e após					
TAG	Quantidade	Percentual acumulado	TAG	Quantidade	Percentual acumulado
LT2201	3408	16	PT0001	1084	30
LT2202	3265	32	LT0002	775	52
FT2203	3022	46	PT0003	689	71
AI2204	1363	53	TT0004	256	78
PIC2205	1307	59	TT0005	239	85
TIC2206	1142	64	AT0006	186	90
M2207	1104	69	FT0007	149	94
AI2208	697	73	LT0008	71	96
TIC2209	581	75	TT0009	71	98
AT2210	564	78	PT0010	68	100

Fonte: Autoria própria.

**Figura 15 - BadActors**  
**Alarmes mais frequentes**



Fonte: Autoria própria.

Com base nas análises realizadas a Tabela 7 apresenta os dados comparativos do sistema de alarmes antes e após a implementação do gerenciamento de alarmes. É notória a redução da quantidade de alarmes por dia/hora. A Figura 16 apresenta o diagnóstico do sistema atual, o triângulo representa o diagnóstico inicial do sistema, que era classificado como reativo, o X é o nível ideal do sistema de alarmes e o círculo é a classificação atual, um sistema robusto. Conforme a EEMUA um sistema de alarmes robusto é confiável durante todos os modos de operação.

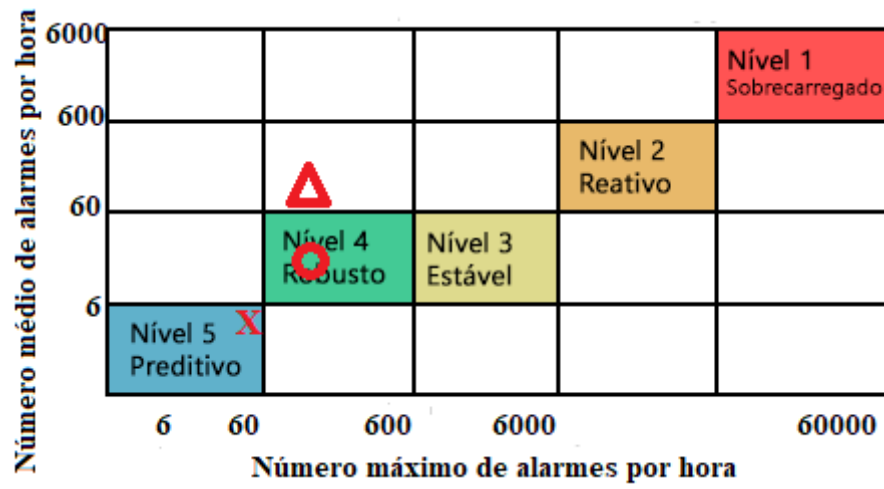
**Tabela 7 - Diagnóstico sistema de alarmes**

Índice	EEMUA	CDR Antes	CDR Depois	% Redução
Quantidade média de alarmes/dia	150	1692	198	88
Quantidade média de alarmes/hora	6	71	8	89
Percentual instabilidade	1%	88%	8%	80
Número máximo de alarmes por hora	60	552	81	85

Fonte: Autoria própria.

Os resultados obtidos exemplificam que as alterações realizadas no sistema de alarmes foram eficazes, ocorreram uma grande diminuição da quantidade de alarmes gerados para o operador, com isso o mesmo consegue ter tempo hábil para tratar corretamente cada alarme, gerando ganhos em produção, segurança e uma maior eficiência operacional.

Figura 16 - Diagnóstico sistema atual alarmes



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentou-se uma metodologia com base na ISA 18.2 e EEMUA 191 para implementação do gerenciamento de alarmes, a mesma foi aplicada em uma planta química que possuía um número excessivo de alarmes, com isso os operadores não confiavam no sistema e não tinham tempo hábil para tratar adequadamente cada alarme. Primeiramente foi realizado um diagnóstico inicial do sistema de alarmes, foram identificados os alarmes mais frequentes (BADActors), a filosofia de alarmes foi definida e então foram realizadas as alterações necessárias nas configurações dos alarmes. Todas as alterações foram implementadas em conjunto com a operação da planta e com manutenção.

Após o gerenciamento de alarmes, a operação da planta passou a confiar mais no sistema e a conseguir ter uma ação efetiva sobre cada alarme. Não existiam definições para a criação ou alterações dos alarmes, muitos deles eram criados sem o conhecimento necessário, nesse sentido a filosofia de alarmes documentou todos os procedimentos, definições e responsabilidades para criação, alteração e manutenção do sistema de alarmes. Com o software BRAlarmExpert a manutenção do sistema se tornou viável, pois ele apresenta diariamente todos os indicadores definidos na filosofia de alarmes, inclusive os alarmes mais frequentes e alarmes ruidosos assim tanto a equipe de manutenção como de operação trabalham em conjunto para manter o desempenho do sistema.

Todos os objetivos do trabalho foram atingidos, o gerenciamento de alarmes foi implementado, a filosofia foi definida e com isso ocorreram reduções significativas no número de alarmes, 88% dos alarmes gerados por dia, 89% alarmes/hora e o percentual de instabilidade diminuiu 80%. O sistema que era classificado como reativo, após o gerenciamento foi classificado como robusto.

As atividades realizadas durante a implementação do gerenciamento melhoram muito o desempenho do sistema, porém algumas melhorias ainda podem ser realizadas, tais como:

- Implementar a priorização dos alarmes, o método de priorização foi definido na filosofia, porém não foi implementado, todos os alarmes possuem prioridade máxima, a priorização adequada deles irá facilitar a ação do operador em casos de distúrbios do processo, onde vários alarmes são

gerados, ele terá facilidade em identificar aquele que deve ser tratado primeiramente.

- Implementar técnicas para correlacionar alarmes pois nos casos de enxurradas de alarmes a maior parte deles estão relacionados.
- Implementar técnicas de supressão automática de alarmes, esse recurso é muito importante para reduzir a quantidade de alarmes gerados, por exemplo, quando a caldeira está com carga reduzida, o que leva a ativação de diversos alarmes que não deveriam ser disparados.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, T. N. **Kraft Recovery Boilers**. New York: TAPPI Press, 1997.

AGUIAR, Leandro Pflieger de. **Descoberta de padrões de alarmes redundantes com técnicas de mineração de dados e redes complexas**. 2010. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciência da Computação, Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

ARAÚJO, Estevão Veloso. **Gerenciamento de alarmes em plantas industriais: Conceito, normas e estudo de caso em um forno de reaquecimento de blocos**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

BRANSBY, M. L. **Best practice in alarm management**. The Institution of Electrical Engineers, 2000.

BRANSBY, Matthew; JENKINSON, James. **Alarming performance**. Computing and Control Engineering, 1998.

DUNN, Donaldo G.; SANDS, Nicholas P. **Alarm systems standards important**. InTech Magazine, 2005.

EEMUA. **Alarm systems: A guide to design, management and procurement**. Relatório técnico 191, The Engineering Equipment and Materials Users Association (EEMUA), 2007.

FOONG, O. M.; SULAIMAN, S.; RAMBLI, D. R. A.; ABDULLAH, S. **ALAP: Alarm prioritization system for oil refinery**. World Congress Engineering and Computer Science, out. 2009.

HSE. **The explosions and fires at the texaco refinery**. Health and Safety Executive (HSE), Milfor Haven, HSE Books, 24 jul. 1994.

ISA. **Management of alarm systems for the process industries.** The International Society of Automation (ISA), 2009. Disponível em: <<https://www.isa.org/store/ansi/isa-182-2016,-management-of-alarm-systems-for-the-process-industries/46962105>>. Acesso em: 31 mai. 2018.

KONDO, Ricardo Eiji. **Mineração de processos para identificação de padrões comportamentais na racionalização de alarmes em plantas industriais.** 2013. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Ciências Exatas e Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2013.

LEITÃO, Gustavo Bezerra Paz. **Algoritmos para análise de alarmes em Processos Petroquímicos.** 2008. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

LARSSON, Jan E. **Simple methods for alarm sanitation.** IFAC Symposium on Artificial Intelligence in Real-Time Control AIRTC-2000, v. 33, n. 28, out. 2000. p. 83-88. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667017368143>>. Acesso em: 30 mai. 2018.

MATTIASSON C. T. **The alarm system from the operator's perspective.** Humam Interface in Control Rooms, Cockpits and Command Centres. International Conference on', IEEE Computer Society, Bath, UK, 1999.

ROTHENBERG, Douglas H. **Alarm management for process control.** Ohio, Usa: Control Magazine, 2009. 75 p.

ROTHENBERG, Douglas H.; WILSON, Chris. **Best practices in DCS alarm management.** 13th Annual Joint ISA POWER/EPRI Controls and Instrumentation Conference, 2003.

ROMANO, Matheus. **Guia definitivo: Tudo o que você precisa saber sobre a EEMUA 191.** 2010. Disponível em: <<http://www.logiquesistemas.com.br/blog/eemua-191/>>. Acesso em: 01 out. 2018.

SAITO, Kaku; COSTA, Leonardo A.; CARRERA, Ricardo A. S. **Tratamento avançado de alarmes em unidades industriais: Práticas atuais e desafios.** In: Congresso de Instrumentação Controle e Automação da Petrobras, Rio de Janeiro: Cicap, v. 2, 2010. p. 1-6.

LS. **Folder: BR-AlarmExpert**. Copyright© 2016 Logique Sistemas (LS). Disponível em: <<http://www.logiquesistemas.com.br/download/folder-br-alarmexpert/>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

VENKATASUBRAMANIAN, Venkat. **Abnormal events management in complex process plants: Challenges and opportunities in intelligent supervisory control**. Proceedings Foundations of Computer-Aided Process Operation (FOCAPO), 2003, p. 117-132. Disponível em: <[http://folk.ntnu.no/skoge/prost/proceedings/focapo\\_2003/pdf/papers/012.pdf](http://folk.ntnu.no/skoge/prost/proceedings/focapo_2003/pdf/papers/012.pdf)>. Acesso em: 30 mai. 2018.

WILSON, A. M. **Alarm management and its importance in ensuring safety**. IEE Colloquium on Best Practices in Alarm Management, abr. 1998.