

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DE ALARMES NO FORNO DE REAQUECIMENTO DE PLACAS Nº 1¹

Caio Henrique Vidigal²
Flávio Alves Gomes³
Flávio Moraes de Souza⁴

Resumo

A aplicação de técnicas de Gerenciamento de Alarmes está em grande expansão na indústria. A execução de um projeto deste tipo deve seguir uma metodologia que, para ser aplicada, demanda a utilização de um software de Gerenciamento de Alarmes ou de ferramentas próprias desenvolvidas para substituí-lo. Este artigo descreve um projeto desenvolvido com ferramentas próprias no Sistema de Alarmes do Forno de Reaquecimento de Placas nº 1 da ArcelorMittal Tubarão. São detalhados os resultados obtidos no primeiro ciclo de otimização, com a redução de 17,9% das ocorrências de alarmes do sistema e a análise realizada para a implementação do segundo ciclo, com um potencial de redução de mais 21,3%, ficando assim evidenciados os ganhos relacionados à implementação do projeto.

Palavras-chave: Gerenciamento de alarmes; Otimização; Sistemas de alarmes.

APPLICATION OF ALARMS MANAGEMENT TECHNIQUES AT THE SLABS REHEATING FURNACE #1

Abstract

The application of Alarm Management techniques is booming at the industry. The implementation of this kind of project should follow a methodology that requires the use of an Alarms Management Software or proprietary tools developed to replace it. This paper describes a Project developed with some proprietary tools at the Alarm System of ArcelorMittal Tubarão Slabs Reheating Furnace #1. The results of the first optimization cycle are detailed, with a 17.9% reduction of system alarm messages. Besides this, the analysis for the second optimization cycle implementation is explored, with a potential reduction of 21.3%, showing the gains related to the project implementation.

Key words: Alarm management; Optimization; Alarm systems.

¹ Contribuição técnica ao 14º Seminário de Automação de Processos, 6 a 8 de outubro de 2010, Belo Horizonte, MG.

² Engenheiro de Controle e Automação (UFMG, 2004) e Especialista de Manutenção Eletroeletrônica da Área de Energia da ArcelorMittal Tubarão – Vitória – ES.

³ Engenheiro Eletricista (Unileste-MG, 2004) e Especialista em Engenharia Elétrica e Eletrônica da ArcelorMittal Tubarão – Vitória – ES.

⁴ Mestre em Engenharia Elétrica (UFES, 1998) e Especialista em Engenharia Elétrica e Eletrônica da ArcelorMittal Tubarão – Vitória – ES.

1 INTRODUÇÃO

Uma das tecnologias de automação para gerenciamento de sistemas, em grande expansão na indústria corresponde à aplicação do conjunto de técnicas para o Gerenciamento de Alarmes.

Este artigo objetiva apresentar um trabalho realizado no Sistema de Alarmes do Forno de Reaquecimento de Placas nº 1 da ArcelorMittal Tubarão, em cujo desenvolvimento foram aplicados alguns dos conceitos e técnicas relacionados ao Gerenciamento de Alarmes. Este projeto foi desenvolvido sem a utilização de um software comercial, sendo desenvolvidas ferramentas simples para apoio na execução do trabalho, sem custos adicionais para a empresa.

No artigo, inicialmente é feita uma introdução ao tema, apresentando a bibliografia relacionada e algumas considerações práticas. Em seguida, passa-se ao estudo de caso, sendo apresentado o Sistema de Alarmes do Forno de Reaquecimento, foco do trabalho. Depois disso são apresentadas as ferramentas desenvolvidas para análise, seguidas da apresentação de dois ciclos de otimização em que estas ferramentas são aplicadas, com os resultados obtidos com a finalização do primeiro ciclo e os esperados com a finalização do segundo ciclo.

2 GERENCIAMENTO DE ALARMES

2.1 Definições

O Gerenciamento de Alarmes corresponde aos “processos e práticas para avaliação, documentação, projeto, operação, monitoração e manutenção de Sistemas de Alarmes”.⁽¹⁾

Já um Sistema de Alarmes é o “conjunto de software e hardware que detecta um estado de alarme, transmite esta indicação ao operador e registra mudanças no estado do alarme”.⁽¹⁾

Finalmente, um Alarme é definido como sendo um “sinal audível e/ou visual indicativo ao operador do mal-funcionamento de um equipamento, de um desvio no processo ou de uma condição anormal que demande uma ação”.⁽¹⁾

2.2 Normas Relacionadas

De 1999 em diante, importantes associações internacionais publicaram normas e guias com recomendações relacionados ao gerenciamento de alarmes em plantas industriais, sendo os três mais importantes deles listados a seguir.

O primeiro foi o EEMUA 191 - *Alarm systems: A guide to design, management and procurement*,⁽²⁾ publicado pela “*The Engineering Equipment and Materials Users Association*”, em 1999. Esse guia foi elaborado como contra medida após a ocorrência de uma grave explosão na Refinaria Texaco Mildford Haven, ocorrido em 1994. Conforme as investigações realizadas, a principal causa do acidente foi o grande número de alarmes gerados nos minutos anteriores à ocorrência. O excesso de alarmes exibidos na sala de controle confundiu os operadores, levando-os a interpretações equivocadas sobre o comportamento da planta. A ocorrência é descrita em detalhes em Health and Safety Executive.⁽³⁾

¹ Órgão Britânico formado em 1983 com o objetivo de desenvolver metodologias e manuais de “boas práticas” com base na experiência de seus membros, colaboradores das maiores indústrias européias.

O EEMUA 191 cobre todo o tema de Gerenciamento de Alarmes em seus 6 capítulos e 23 anexos. No primeiro capítulo é apresentada a filosofia ideal de um sistema de alarmes, como introdução. No capítulo 2 são detalhados diversos aspectos do projeto de um sistema deste tipo, os quais também podem ser aplicados para a otimização de um sistema já instalado. Complementando esta primeira parte, o capítulo 3 apresenta uma série de considerações práticas a serem observadas na implementação do sistema de alarmes. O capítulo 4 trata das diversas formas de se medir o desempenho do sistema, as quais são detalhadas no anexo 12. O capítulo 5 apresenta os procedimentos para a implantação de melhorias no sistema quando este já se encontra em operação estável, correspondendo basicamente ao caso a ser discutido mais adiante no artigo. Finalmente, o capítulo 6 trata dos procedimentos para aquisição de um sistema de alarmes novo. Já os 23 anexos da norma trazem uma série de informações e exemplos úteis para uma maior garantia de sucesso na implementação de um projeto de Gerenciamento de Alarmes.

Seis anos depois, em 2005, foi publicado o NAMUR 102 – *Alarm Management*⁽⁴⁾ pela “*Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie*”, organização alemã de usuários de tecnologias de automação de processos. Neste documento são descritos os procedimentos básicos de projeto de um sistema de alarme e algumas recomendações para a monitoração de desempenho do sistema implementado. Além disso, inclui algumas sugestões de premissas para os desenvolvedores dos sistemas de alarmes.

Em 2004, a ISA[†] criou um comitê para elaboração da norma ANSI/ISA 18.2 - *Management of Alarm Systems for the Process Industries*,⁽¹⁾ a qual foi publicada em junho de 2009 tendo como base a norma ANSI/ISA 18.1 - *Annunciator Sequences and Specifications*.⁽⁵⁾

A norma ANSI/ISA 18.2 estabelece, em seus 18 capítulos, os princípios que devem ser atendidos e as funcionalidades básicas que devem ser disponibilizadas em um sistema de alarmes, incluindo definições e aspectos relacionados ao projeto, à instalação, à operação, à manutenção e à gestão de modificações no sistema. Embora possua um conteúdo semelhante ao do EEMUA 191, a Norma ANSI/ISA dá um maior enfoque aos aspectos relacionados ao projeto do Sistema de Alarmes, apesar de também citar o processo de otimização do sistema. Um ponto de destaque da ANSI/ISA 18.2 são as definições contidas em seu capítulo 3, inseridas com o objetivo de padronizar a terminologia relacionada ao tema Gerenciamento de Alarmes.

A principal fonte de consulta para o desenvolvimento do trabalho descrito neste artigo foi o guia EEMUA 191, uma vez que, no início do desenvolvimento das atividades, a norma ANSI/ISA 18.2 não havia ainda sido publicada. Independente disso, como o EEMUA 191 dá uma maior ênfase ao processo de racionalização de um sistema de alarmes já em operação, por este aspecto ele também se mostrou mais adequado para consulta durante o desenvolvimento do projeto.

2.3 Evolução Histórica dos Sistemas de Alarmes

Antes do surgimento dos sistemas supervisórios, a interface dos operadores com o campo era realizada por meio dos painéis sinóticos com botoeiras, chaves, indicadores analógicos, registradores de pena e os anunciadores de alarme, isto é, lâmpadas que acendiam ou piscavam se a variável sob monitoração atingisse um estado especificado ou um valor limite.

[†] *International Society of Automation: Sociedade Internacional de Automação*

Com a introdução dos sistemas digitais (Scada[‡] e SDCD[§]), a interface dos operadores com o campo passou a se dar por meio de telas de computador, nas quais o processo é representado por meio de desenhos, figuras, etc. Com isso, toda a interface com o campo tornou-se virtual, com os acionamentos das botoeiras substituídas por “cliques” com o mouse, as cartas dos registradores de pena substituídos por arquivos dos bancos de dados e as lâmpadas dos anunciadores de alarme substituídas por textos e sinais luminosos gerados na tela dos computadores.

Nos sistemas antigos, a inclusão ou alteração de um alarme dependia de alterações físicas no painel, com lançamento de cabos, relocação de instrumentos, etc. Nos sistemas digitalizados este procedimento foi facilitado ao extremo, dependendo, na grande maioria dos casos, apenas de alterações de configuração do sistema realizadas via software. Esta facilidade trouxe consigo um problema: o grande número de alarmes configurados desnecessariamente ou incorretamente nos sistemas de alarme atuais. A situação é apresentada em detalhes em Hollifield e Habibi.⁽⁶⁾

Como regra geral, os alarmes não são todos definidos antes do start-up da planta: são adicionados continuamente e sem critério adequado; após uma ocorrência, as contra medidas diversas vezes contemplam a inclusão de algum novo alarme no sistema. Assim, o número excessivo de alarmes leva a uma sobrecarga do operador, as prioridades dos alarmes configurados perdem o sentido e a planta passa a ser operada em uma condição insegura, onde um alarme realmente significativo pode não ser percebido em meio a uma enxurrada de alarmes bem menos importantes.

Com isso, torna-se necessária cada vez mais a utilização de técnicas e ferramentas visando impedir que o caos se estabeleça nestes sistemas e que seja garantida a operação segura e uma maior confiabilidade dos processos produtivos. Neste contexto, segundo o EEMUA 191, os sistemas de alarmes devem respeitar as seguintes premissas:

- cada alarme deve alertar o operador, informá-lo e requerer uma ação;
- todo alarme apresentado deve ser útil e relevante para o operador;
- cada alarme deve requerer uma ação definida (padronizada) do operador;
- o projeto do sistema de alarmes deve considerar as limitações de atuação do operador; e
- o sistema deve garantir que o operador terá disponível o tempo necessário para atuar após soar o alarme (o que impõe um limite à taxa de ocorrências de alarmes).

2.4 Considerações Prévias para o Gerenciamento de Alarmes

Visando garantir que estas premissas apresentadas sejam atendidas, são listadas uma série de técnicas e procedimentos para o gerenciamento efetivo dos alarmes de uma planta, tanto na implementação de novos projetos quanto na otimização de sistemas de alarme em operação inadequada.

Um ponto inicial a ser considerado é que o projeto de Gerenciamento de Alarmes deve envolver profissionais de diversas áreas da planta: de Operadores e Técnicos de Automação a Engenheiros de Manutenção e de Processo. Além disso, um projeto deste tipo não é uma ação de curto prazo e sim um processo de otimização contínua, visando à manutenção e à melhoria dos resultados obtidos no primeiro momento.

O desenvolvimento do projeto de Gerenciamento de Alarmes pode envolver mudanças significativas no modo operacional, uma vez que freqüentemente os operadores acostumam-se a acompanhar o andamento do processo com base nas

[‡] *Supervisory, Control and Data Acquisition: Sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados*

[§] *Sistema Digital de Controle Distribuído*

mensagens geradas no sistema de alarmes, desvirtuando assim a função original deste sistema. Assim sendo, também por este motivo as ações tomadas para melhoria do sistema de alarmes não podem ser drásticas o suficiente para acarretar riscos operacionais, devendo ser implementadas de um modo gradual, garantindo sua assimilação pelos operadores.

Como referência, em Health & Safety Executive⁽⁷⁾ são apresentados diversos questionamentos que revelam a necessidade de implantação de um projeto de gerenciamento de alarmes. Já em Bransby e Jenkinson⁽⁸⁾ é apresentado um estudo bastante detalhado (e extenso) realizado em Plantas Químicas e de Geração de Energia para definição das “melhores práticas” em projetos de Gerenciamento de Alarmes.

2.5 Metodologia para o Projeto de Gerenciamento de Alarmes

Entre os tópicos que aparecem como consenso na literatura relacionada ao tema, destacam-se os que dizem respeito às fases de um projeto deste tipo e às técnicas básicas de otimização da geração de alarmes no sistema.

Conforme mostrado na Figura 1, cada ciclo do projeto de otimização de alarmes pode ser dividido em três fases:

- avaliação de desempenho do sistema conforme a filosofia de alarmes da planta;
- análise dos alarmes implementados no sistema, sendo normalmente definida uma lista dos 10 mais frequentes para avaliação (fase denominada racionalização); e
- implementação das melhorias no sistema.

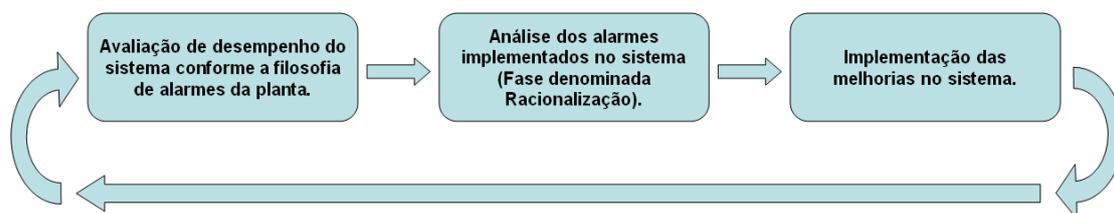


Figura 1 - Ciclo de otimização do projeto de otimização de um sistema de alarmes.

Após o primeiro ciclo deve-se entrar num estágio de melhoria contínua, repetindo-se quantos ciclos forem necessários para a adequação do sistema. Idealmente, esta metodologia deve ser incorporada à rotina de manutenção da planta, visando sempre à identificação de novos pontos de melhoria e um acompanhamento constante do desempenho do sistema de alarmes.

Na fase de Racionalização, diversas técnicas podem ser adotadas para a otimização do sistema. Um bom conjunto delas é detalhado no capítulo 5 do EEMUA 191.⁽²⁾

A seguir, são listadas algumas destas técnicas, bastante úteis para a redução da ocorrência de alarmes no sistema:

- eliminação de alarmes que não demandam uma ação do operador, isto é, mensagens que deveriam estar classificadas como eventos do sistema e que assim não iriam poluir a tela de operação;
- eliminação de alarmes redundantes;
- verificação das lógicas de geração dos alarmes;
- adequação dos sets^{**} dos alarmes para que estes atuem somente quando uma situação realmente anormal ocorrer no processo;

^{**} Sets dos alarmes são os valores que disparam a geração do alarme. Para variáveis analógicas, por exemplo, são comumente definidos sets para alarme quando a variável atinge os níveis Muito Alto, Alto, Baixo e Muito Baixo.

- ajuste de bandas mortas de alarmes repetitivos;
- execução de manutenção em equipamentos ou instrumentos que, devido à sua deficiência operacional, acarretam a geração de um grande número de alarmes;
- supressão de alarmes relacionados a equipamentos de processo temporariamente fora de operação;
- agrupamento, em uma única mensagem, de alarmes que sempre ocorram em conjunto indicando uma única condição anormal do processo.

3 O CASO EM ESTUDO

3.1 O Forno de Reaquecimento de Placas

Desta seção em diante é apresentado o trabalho de aplicação das técnicas de Gerenciamento de Alarmes desenvolvido no Sistema de Alarmes do Forno de Reaquecimento de Placas nº 1 do LTQ^{††} da ArcelorMittal Tubarão.

O Forno de Reaquecimento de Placas é o equipamento responsável por reaquecer, de modo controlado, as placas de aço produzidas pelo processo de Lingotamento Contínuo. Durante sua passagem pelo forno, estas placas têm sua temperatura elevada até cerca de 1200°C, condição esta adequada para o processo de laminação subsequente. A Figura 2 mostra um desenho esquemático do Forno de Reaquecimento de Placas da ArcelorMittal Tubarão, sendo o sentido de deslocamento das placas da esquerda para a direita.

O sistema de controle do Forno é baseado em um sistema Scada, com PLCs^{‡‡} Rockwell ControlLogix comunicando-se via rede Ethernet com o Sistema Supervisório In Touch, desenvolvido pela Wonderware. A Figura 2 mostra também o esquema de fluxo de informações entre os três principais componentes do Sistema de Controle. São eles:

- *PLC Heating*: PLC responsável pelo controle da combustão, das temperaturas das zonas, da abertura dos queimadores, da pressão interna do forno, das pressões de ar e gás e do monitoramento dos pontos de refrigeração e segurança do forno;
- *PLC Handling*: PLC responsável pelo automatismo do enforamento de placas, da movimentação das vigas caminhantes, do tracking de placas e do desenforamento para o laminador; e
- *FSC*: Sistema de nível 2 responsável pela otimização do controle de aquecimento das placas, baseado em modelos matemáticos do processo.

^{††} LTQ: Laminador de Tiras a Quente.

^{‡‡} Programmable Logic Controller: Controlador Lógico Programável.

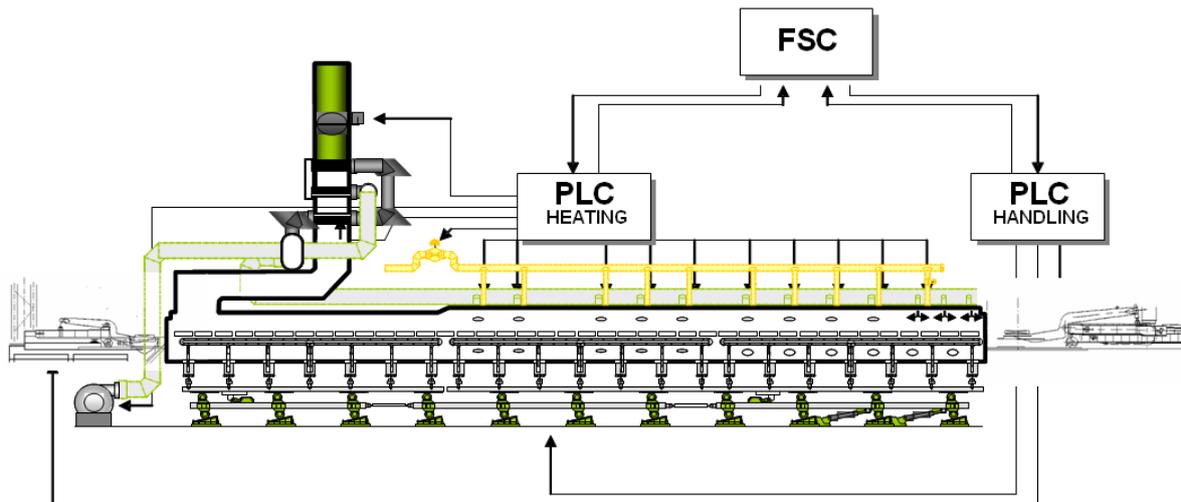


Figura 2 - Desenho esquemático do Forno de Reaquecimento de Placas nº 1 da ArcelorMittal Tubarão.

3.2 O Sistema de Alarmes do Forno

Um dos subsistemas deste Sistema de Controle é o Sistema de Alarmes do Forno, o qual é o foco deste trabalho. Como exemplo, na Figura 3 é mostrada a tela responsável pela exibição dos alarmes no Sistema Supervisório.

A lista de mensagens exibidas nesta tela é preenchida à medida que os alarmes são gerados no processo, com base nas condições de atuação configurada para cada um deles. Conforme já exposto, caso o sistema estivesse adequadamente configurado, cada alarme acrescido nesta lista deveria demandar uma ação específica do operador e não deveriam ocorrer alarmes redundantes, repetitivos, etc. No entanto, antes do início do trabalho, não era essa a situação do Sistema Supervisório do Forno de Reaquecimento de Placas nº 1: em consulta aos operadores da planta, foi noticiado que o sistema apresentava uma geração excessiva de alarmes, situação esta que indicava claramente a necessidade de aplicação de técnicas de Gerenciamento de Alarmes para sua otimização.

O sistema supervisório do forno gera automaticamente, a cada intervalo de 2 horas, um novo arquivo texto com extensão “.alg” em que todos os alarmes deste período são registrados juntamente dos eventos do sistema^{§§}, em ordem cronológica. Desta forma, ao fim de um dia têm-se doze arquivos com cerca de 10.000 linhas a 15.000 linhas cada.

^{§§} Eventos do sistema são mensagens com formatação semelhante à dos alarmes, mas que não indicam condições anormais do processo e, portanto, não devem ser exibidas na tela de alarmes, sendo somente armazenados em arquivo. O registro de que uma determinada válvula foi aberta pelo operador em determinado instante, por exemplo, representa um evento do sistema e não um alarme. Os eventos são importantes, por exemplo, para análise posterior da condição operacional do processo nos instantes que antecederam à ocorrência de uma falha.

Data	Horário	Pr1	Descrição	Tag	Valor
19/06	10:39:10	1	Zona 2: Modo Fuzzy aplicado ao T.I.C	HEAT_HMI_MODE_FUZZY_STATUS_002	OFF
19/06	10:39:10	1	Zona 4: Modo Fuzzy aplicado ao T.I.C	HEAT_HMI_MODE_FUZZY_STATUS_004	OFF
19/06	10:39:10	1	Zona 6: Modo Fuzzy aplicado ao T.I.C	HEAT_HMI_MODE_FUZZY_STATUS_006	OFF
19/06	10:39:10	1	Zona 8: Modo Fuzzy aplicado ao T.I.C	HEAT_HMI_MODE_FUZZY_STATUS_008	OFF
19/06	10:39:11	2	WS: Alarme temp. muito alta Laser início WS2	W_WS_COND_WS2_LSR_BEG_TEMP_FLT	ON
19/06	10:39:11	2	Handling Hardware Alarm Rack 2 Card 2	HAND_MOD_CNCT_2_RACK_2_S2	ON
19/06	10:39:11	2	Hidráulico: Falha nível alto no tanque	HYD_HEATER_I_LEVEL_HIGH_FLT	ON
19/06	10:39:12	1	Furnace 1 Level 2 Server 3 Handling HMI Selection	SH2_HAHMI_SRVDB3_SLCTED	ON
19/06	10:39:12	1	Furnace 1 Level 2 Server 1 Handling HMI Selection	SH2_HAHMI_SRVDB1_SLCTED	ON
19/06	10:39:12	2	Ar Comb.: Alarme discrepância de posição damper B	COMB_ATR_PRESS_DAMPER_B_DISC_FLT	ON
19/06	10:39:13	2	Resfriamento: Alarme nível baixo LSL1925A	WC_LSL_1925_A_LAL_ALARM	ON
19/06	10:39:14	2	Resfriamento: Alarme vazão baixa FSL1930 M	HEAT_WC_FSL_1930_M_FAL_ALARM	ON
19/06	10:39:14	2	Resfriamento: Vazão anormal Intel Superior FT1930	HEAT_WC_FT1930_N_SUP_DIF_ALARM	ON
19/06	10:39:14	2	Resfriamento: Alarme vazão baixa FSL1930 H	HEAT_WC_FSL_1930_H_FAL_ALARM	ON
19/06	10:39:14	2	Resfriamento: Alarme vazão baixa FSL1930 F	HEAT_WC_FSL_1930_F_FAL_ALARM	ON
19/06	10:39:14	3	Câmera: Alarme temperatura Câmera 4	SH_HEAT_CAMERA_4_CTV_TS07	ON
19/06	10:39:14	3	Câmera: Alarme pressão Câmera 4	SH_HEAT_CAMERA_4_CTV_PS02	ON
19/06	10:39:14	3	Câmera: Alarme temperatura Câmera 3	SH_HEAT_CAMERA_3_CTV_TS01	ON
19/06	10:39:14	3	Câmera: Alarme pressão Câmera 3	SH_HEAT_CAMERA_3_CTV_PS01	ON
19/06	10:39:15	2	Piloto: Alarme pressão baixa PSL 1926	PILOT_ATR_PSAL_1926	ON
19/06	10:39:15	2	Piloto: Alarme baixa pressão de gás PSL1902	GAS_PSL1902_PSAL_ALARM	ON
19/06	10:39:15	2	Piloto: Alarme pressão baixa PSL1902	PILOT_GAS_PSAL_1902	ON
19/06	10:39:16	2	Zona 4: Alarme temperatura alta TC A	HEAT_TEMP_TC_A_TAH_ALARM_04	ON
19/06	10:39:17	1	Gás: válvula FSV1901 Aberta	GAS_FSV1901_OPEN_LIMIT	ON
19/06	10:39:18	2	Zona 4: Alarme temperatura alta TC B	HEAT_TEMP_TC_B_TAH_ALARM_04	ON
19/06	10:39:18	2	Resfriamento: Alarme vazão alta FT 1930	HEAT_WC_FT1930_H_ALARM	ON
19/06	10:46:53	2	Zona 3: Alarme temperatura alta TC B	HEAT_TEMP_TC_B_TAH_ALARM_03	ON
19/06	10:47:08	2	Resfriamento: Alarme vazão baixa FSL1930 P	HEAT_WC_FSL_1930_P_FAL_ALARM	ON
19/06	10:48:48	2	Resfriamento: Alarme nível baixo LSL1925B	WC_LSL_1925_B_LAL_ALARM	ON
19/06	10:49:06	2	Zona 3: Alarme oxigênio baixo	HEAT_AE1905_C_AAL_ALARM_03	ON
19/06	10:49:52	2	Zona 5: Alarme oxigênio baixo	HEAT_AE1905_D_AAL_ALARM_05	ON

Figura 3 - Tela de exibição de alarmes do Sistema Supervisório do Forno de Reaquecimento de Placas nº 1.

Cada linha dos arquivos representa um alarme ou um evento do sistema e possui uma formatação padrão composta por uma série de colunas, cada uma contendo uma informação específica como, por exemplo:

- o instante de tempo (hora, minuto e segundo) da ocorrência do alarme ou evento;
- a origem da informação (variável analógica, discreta, lógica do sistema etc.);
- sua classificação como alarme (ALM) ou evento do sistema (EVT);
- o tag da variável que gerou a mensagem;
- a mensagem gerada propriamente dita; e
- a área operacional a que a variável se refere.

Além disso, há uma série de colunas geradas somente para um tipo específico de mensagem, não padronizadas para todas as linhas. Por exemplo, mensagens de alarmes relacionadas a variáveis discretas possuem uma coluna que indica se ela alarmou ao passar à condição de estado lógico = 1 (ON) ou de estado lógico = 0 (OFF).

Um software comercial de Gerenciamento de Alarmes tem como função tratar automaticamente estes arquivos gerados no sistema supervisório e disponibilizar informações como cálculos estatísticos, estratificações, gráficos e indicadores para utilização pelo usuário como base para análise e otimização do sistema. Dentre suas várias funcionalidades, destaca-se a sua eficiência em:

- coletar, arquivar e analisar alarmes de DCS, SW supervisório e PLC em tempo real;
- ajudar na identificação de falsos alarmes e a eliminá-los rapidamente;
- possuir pré-configurados todos os relatórios de análise recomendados pela publicação EEMUA 191.

Uma premissa para o desenvolvimento deste projeto é que não seria adquirida uma ferramenta comercial deste tipo. Logo, foi necessário o desenvolvimento próprio de ferramentas básicas para viabilização da aplicação de algumas técnicas de Gerenciamento de Alarmes, tendo como base de dados os arquivos texto gerados pelo Sistema de Alarmes.

4 Implementação de Ferramentas para Análise do Sistema

4.1 Geração da Planilha de Alarmes

Devido à sua disponibilidade na empresa e à adequação de suas funcionalidades para a aplicação, as ferramentas para análise foram desenvolvidas no software Microsoft Office Excel 2003.

Inicialmente, foi desenvolvida uma macro que realiza a importação do arquivo “.alg” com os dados dos alarmes e eventos do sistema supervisorio, armazenando-os e separando adequadamente em colunas as respectivas colunas do arquivo base. Uma segunda macro realiza uma triagem das linhas desta planilha com os dados do arquivo importado, identificando e copiando para uma segunda planilha as linhas relativas a alarmes do sistema, descartando todas aquelas que contém eventos ou mensagens de “retorno à condição normal” de variáveis anteriormente alarmadas.

Quando o próximo arquivo é importado, as macros repetem este processo, adicionado ao final da segunda planilha novas linhas referentes a este novo arquivo lido. Repetido este procedimento para todos os arquivos gerados no período sob análise têm-se, ao final do processo, uma planilha única com as informações completas de todas as mensagens relativas a alarmes gerados no sistema naquele período.

Para auditar a ferramenta, foram gerados aleatoriamente arquivos teste com diversas mensagens, sendo que algumas delas correspondiam a alarmes. Rodadas as macros, foi gerada a planilha contendo as respectivas mensagens de alarme esperadas, validando a implementação.

4.2 Cálculo do Indicador

Conforme citado no item 2.5, o primeiro passo para o desenvolvimento do projeto é a avaliação de desempenho do sistema. Para tal faz-se necessária a definição de um indicador a ser calculado ao longo dos ciclos de otimização que forem realizados.

No caso em questão, o indicador escolhido foi o “Número médio de ocorrências de alarmes por dia”, um indicador simples e bastante representativo do volume excessivo de mensagens geradas no sistema para o operador,⁽⁶⁾ o qual se pretende reduzir. Visando garantir uma maior representatividade do indicador, foi definido que este seria calculado com base em amostras de, no mínimo, 15 dias corridos de operação do forno.

Com base na planilha de alarmes, uma tabela dinâmica é utilizada para o cálculo do número de ocorrências de alarmes em cada dia do período analisado. A partir destes dados, é calculada a média diária – o indicador adotado –, além da mediana, do desvio padrão e dos valores máximo e mínimo.

4.3 Estratificação dos Alarmes

Pelos diversos motivos expostos na seção 2.3, o número de alarmes configurados em um sistema costuma ser bastante grande. No entanto, grande parte das mensagens efetivamente geradas no sistema de alarmes ao longo da operação do processo refere-se a um pequeno grupo de alarmes configurados.

Assim sendo, é bastante útil para o processo de otimização estratificar estes alarmes e gerar um Diagrama de Pareto para definir quais são aqueles com maior número de ocorrências. Com isso, cria-se a lista dos “Top 10” (lista com os 10 alarmes mais freqüentes) e focam-se as ações de melhoria neste grupo, cuja solução traz os maiores ganhos.⁽⁶⁾

Para realizar esta estratificação, também com base na planilha de alarmes, outra tabela dinâmica é utilizada para realizar a estratificação dos alarmes por tag geradora, classificando-os em uma tabela em ordem crescente por número de ocorrências. Os dez primeiros tags desta lista compõe a lista dos Top 10.

5 SITUAÇÃO INICIAL DO SISTEMA

5.1 Cálculo do Indicador e Estratificação dos Alarmes

Para o levantamento da situação inicial do sistema, foram utilizados os arquivos texto gerados pelo sistema supervisorio no período de 1 a 30 de abril de 2009. Tratados os dados, chegou-se ao seguinte valor para o indicador:

Número médio de ocorrências de alarmes por dia = 1.066

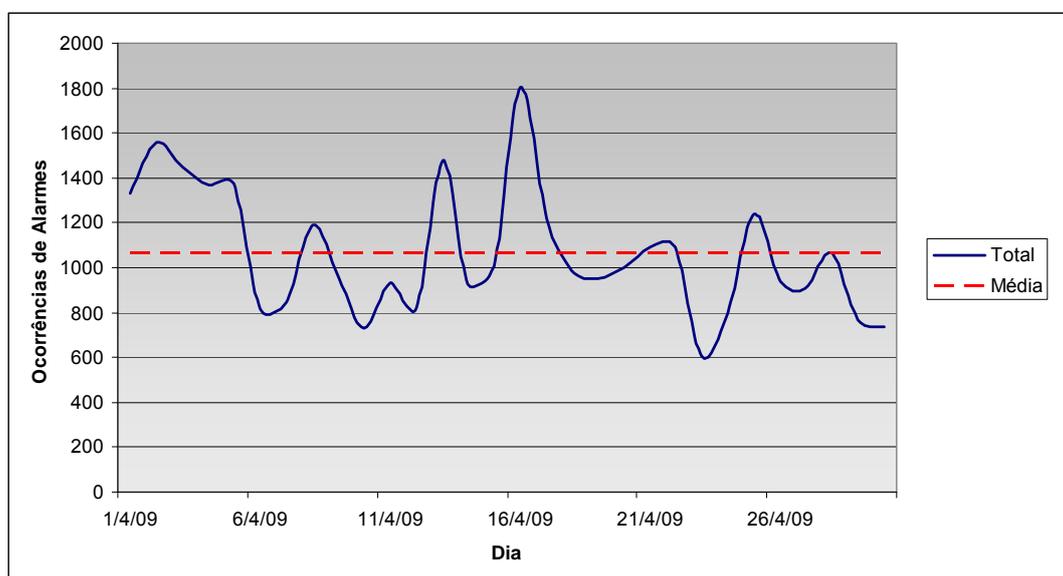


Figura 4 – Valores diários da ocorrência de Alarmes no período de 1 a 30/04/2009.

A Figura 4 mostra o gráfico com o número de ocorrências de alarmes por dia ao longo do período avaliado. Os dados apresentam uma mediana de 992 e um desvio padrão de 282.

Conforme descrito em 4.3, foi realizada também a estratificação por tag geradora do alarme das 31.993 ocorrências registradas no período, chegando-se à primeira lista dos Top 10. O resultado é mostrado no diagrama de Pareto da Figura 5.

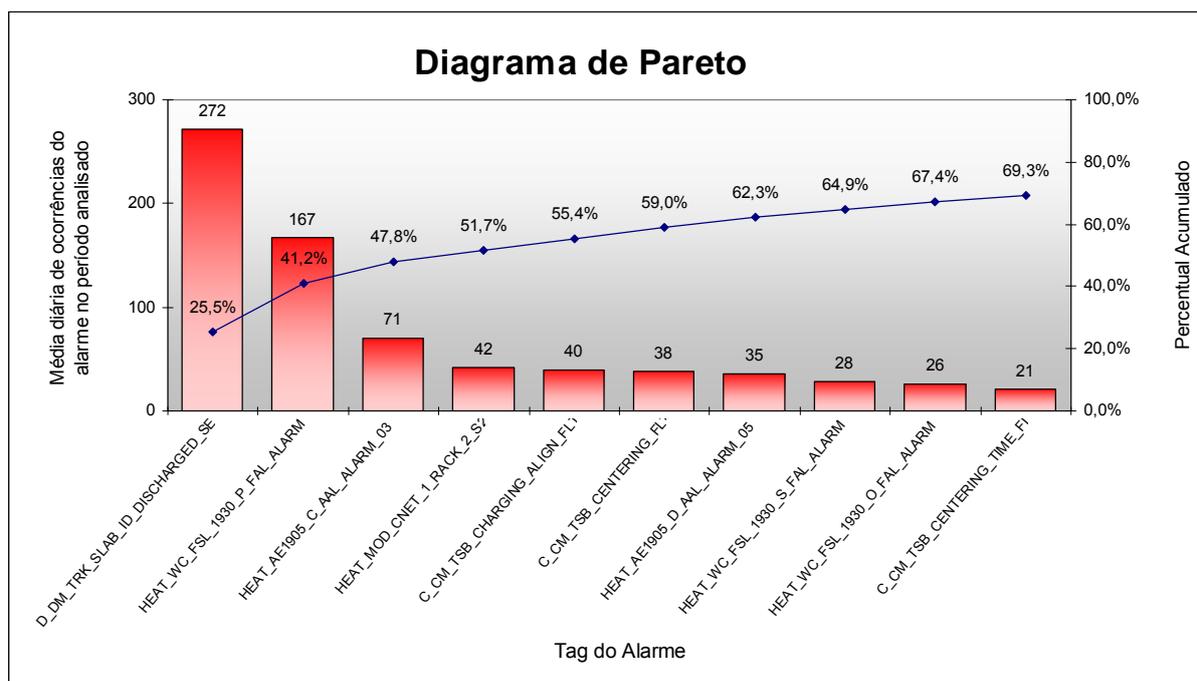


Figura 5 – Tags de alarmes com maior ocorrência no período de 1 a 30/04/2009.

A análise do diagrama de Pareto justifica a estratégia de focar a análise na lista dos Top 10: de um total de 315 alarmes diferentes registrados no período, os dez mais frequentes correspondem a 69,3% das ocorrências.

5.2 Análise dos Top 10

Na seção 2.5, foram apresentadas técnicas para a redução da ocorrência de alarmes, sendo a primeira delas a eliminação de alarmes que não demandam uma ação do operador. Esta situação, segundo Hollifield e Habibi,⁽⁶⁾ corresponde a um problema bastante comum dos Sistemas de Alarmes e deve ser o primeiro item a ser abordado devido à relativa simplicidade da implementação da solução e ao potencial de melhora de desempenho associado.

Nesta linha, foi realizada uma avaliação da lista dos Top 10 em conjunto com as equipes de Operação e Manutenção, concluindo-se neste estudo que, de fato, dois destes alarmes deveriam ser reconfigurados como eventos do sistema. São eles:

- *D_DM_TRK_SLAB_ID_DISCHARGED_SET*: Esta mensagem apresentou-se como o alarme mais freqüente do sistema, correspondendo a 25,5% do total de ocorrências. Era gerado pelo sistema de controle para informar que o ID, o identificador da placa desenhada, foi enviado ao nível 2, o que não representa uma anormalidade do processo – pelo contrário, confirma a execução de um passo esperado da lógica! – e também não demanda qualquer ação do operador. Logo, conforme a definição de alarme da seção 2.1, essa mensagem não é um alarme e sim um evento do sistema de controle, devendo ser configurado como tal.
- *HEAT_MOD_CNET_1_RACK_2_S2*: Sendo o 4º alarme mais freqüente do sistema, essa mensagem correspondeu a 4,0% do total de ocorrências. Era gerado pelo sistema de controle para informar que houve uma falha momentânea na troca de dados via rede ControlNet. Caso esta condição não se normalizasse rapidamente, outros alarmes específicos das variáveis envolvidas na comunicação ocorreriam em seqüência, o que indicaria uma anormalidade com necessidade de

atuação da manutenção. Logo, como a primeira mensagem não demanda uma ação do operador, sendo útil somente para análise posterior pela equipe de manutenção, essa mensagem também não é um alarme e sim um evento do sistema de controle, devendo ser configurado como tal. Apesar de não aparecerem na lista dos Top 10, havia no sistema mais alguns alarmes equivalentes a este que foi reconfigurado, relacionados a outros racks da rede ControlNet. Visando aplicar a solução definida de modo global, a adequação da configuração foi extrapolada para toda esta família de mensagens.

Refinando a análise, foi traçado um gráfico com a ocorrência diária destes dois “alarmes”, o qual é mostrado na Figura 6. Nele, observa-se que as mensagens ocorreram sistematicamente durante todo o período analisado.

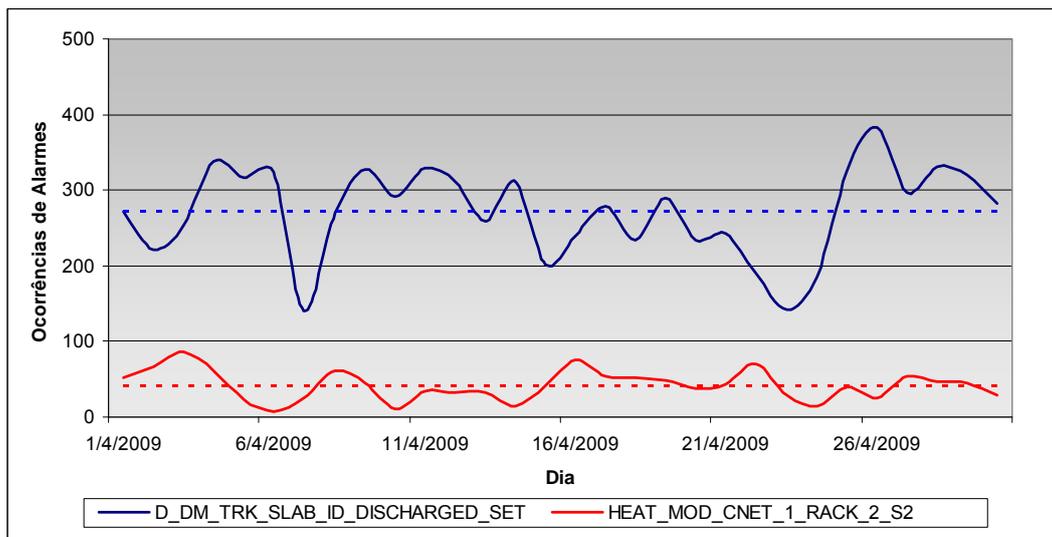


Figura 6 - Número de ocorrências diárias dos dois alarmes tratados.

Caso estas ocorrências estivessem concentradas em um intervalo de tempo limitado (um ou dois dias, por exemplo), isso poderia estar relacionado a uma condição específica do processo, verificada somente naquele momento. Por outro lado, a verificação de que a ocorrência das mensagens era sistemática indicou que a correta configuração destes “alarmes” traria um ganho sustentável de desempenho para o sistema.

6 Implementação das Modificações

Como preparação para a implementação desta modificação, foi elaborado um documento interno da empresa chamado RTE – Relatório Técnico de Engenharia.⁽⁹⁾ Neste documento são descritos o problema a ser resolvido, as análises realizadas, a solução proposta e os passos para implantação da modificação. Este RTE foi consensado entre os envolvidos, isto é, Engenharia, Manutenção e Operação.

Além disso, foi elaborado um outro documento específico para a execução da modificação, chamado SMS – Solicitação de Manutenção de Software. Nele são listadas as alterações a serem realizadas, os sistemas a serem modificados, os riscos operacionais envolvidos na atividade e os executantes da atividade. O SMS também é aprovado pela Engenharia, Manutenção e Operação.

Preparada a documentação, a modificação de configuração dos “alarmes” foi implementada no Sistema de Alarmes do Forno durante uma Parada Programada do Laminador de Tiras a Quente, realizada em 19/06/09.

7 SITUAÇÃO DO SISTEMA APÓS AS MODIFICAÇÕES

7.1 Cálculo do Indicador

Após a implementação das alterações, o indicador de desempenho do Sistema de Alarmes foi recalculado com base nos arquivos texto gerados no período de 20 de junho a 06 de julho de 2009, chegando-se ao seguinte valor para o indicador:

$$\text{Número médio de ocorrências de alarmes por dia} = 875$$

A Figura 7 mostra o gráfico com o número de ocorrências de alarmes por dia ao longo do período avaliado. Os dados apresentam uma mediana de 855 e um desvio padrão de 220.

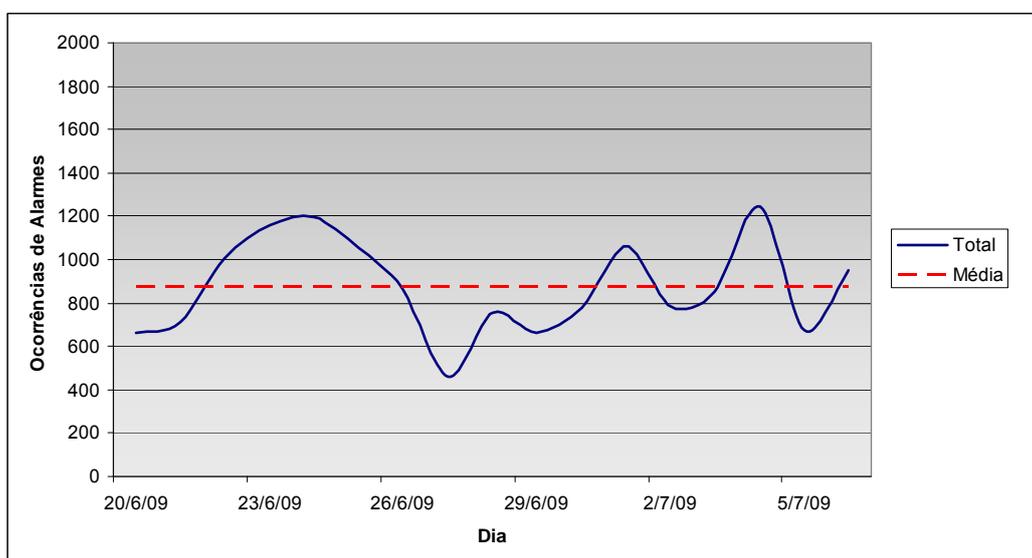


Figura 7 - Valores diários da ocorrência de Alarmes no período de 20/06 a 06/07/2009.

7.2 Análise dos Resultados

Após a implementação das modificações observou-se uma queda de 1.066 para 875 na média diária de ocorrências de alarmes no sistema, o que significa uma redução de 17,9%. Além disso, foram observadas reduções semelhantes na mediana e no desvio padrão, indicando que não houve uma alteração relevante na forma da distribuição do número de ocorrências de alarmes na comparação entre os dois períodos.

Esta redução de 17,9%, foi obtida com a tratamento de somente 2 dos 315 alarmes diferentes registrados no primeiro período analisado, evidenciando mais uma vez a importância de se trabalhar com a lista dos Top 10.

Conforme exposto na seção 2.5, a otimização do Sistema de Alarmes deve ocorrer em ciclos. Assim sendo, terminada esta primeira fase parte-se para uma nova estratificação dos dados, tomando o indicador atual como nova referência.

8 Segundo Ciclo de Otimização

8.1 Estratificação dos Alarmes

Iniciando o segundo ciclo de otimização, os 14.875 alarmes registrados nos 17 dias do novo período analisado foram estratificados por tag geradora, chegando-se a uma nova lista de Top 10. O resultado é mostrado no diagrama de Pareto da Figura 8.

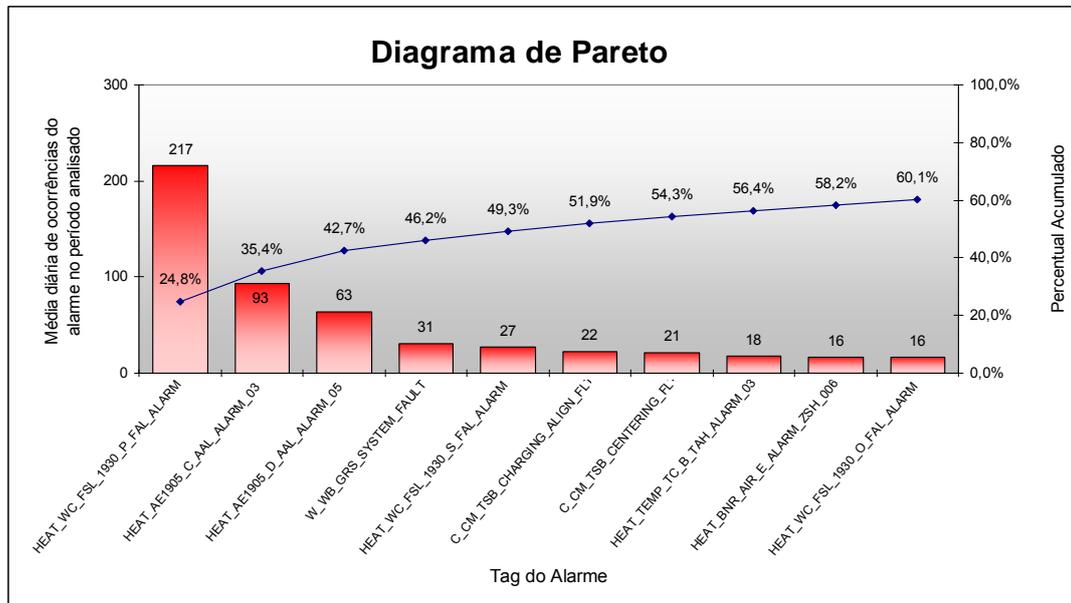


Figura 8 - Tags de alarmes com maior ocorrência no período de 20/06 a 06/07/2009.

Observa-se no diagrama que, com a reconfiguração dos alarmes no ciclo anterior, a lista dos Top 10 se renovou e o percentual de ocorrências de mensagens do sistema relacionadas aos novos Top 10 foi reduzido para 60,1%, apesar de ser ainda bastante alto. À medida que os ciclos de otimização forem executados, esse percentual tende a cair cada vez mais.

8.2 Análise dos Top 10

No primeiro ciclo, a lista dos Top 10 foi avaliada para identificação das mensagens que estavam incorretamente configuradas como alarmes. Considerando que agora esta situação não mais existe, neste segundo momento o objetivo é analisar a nova lista dos Top 10, identificando aqueles para os quais podem ser tomadas ações mais específicas visando a redução do número de ocorrências. Algumas das técnicas aplicáveis nesta análise são listadas na seção 2.5. Seguem os resultados das análises realizadas:

- **HEAT_WC_FSL_1930_P_FAL_ALARM** e **HEAT_WC_FSL_1930_O_FAL_ALARM**: Estes dois alarmes foram classificados, respectivamente, como o 1º e o 10º da lista dos Top 10, correspondendo a 26,6% do total de ocorrências. As mensagens indicam o registro de vazão baixa de água de refrigeração da porta de descarregamento do forno nos pontos “P” e “O” da linha. Durante a análise, foi identificado um erro na lógica implementada para geração destes alarmes no PLC: quando um deles atua e o operador reconhece esta atuação no Sistema Supervisório, caso a situação não tenha se normalizado no campo outro alarme é gerado no lugar do que foi reconhecido, apresentando-se como um “novo” alarme

no sistema. A operação correta do Sistema de Alarmes indica que neste caso, quando o operador reconhecer o alarme no Sistema Supervisório, este deve somente mudar de cor, passando à categoria de “alarme reconhecido e não normalizado”, saindo da lista automaticamente quando a situação no campo for regularizada. Assim sendo, esta falha leva à geração de um alarme indevido no sistema para cada reconhecimento do operador antes da normalização no campo. Há um terceiro alarme semelhante, de tag HEAT_WC_FSL_1930_Q_FAL_ALARM, que não apareceu na lista dos TOP 10 mas que apresenta o mesmo erro de configuração da lógica. Assim sendo, a correção deve ser realizada de modo equivalente para os três casos.

- *HEAT_AE1905_C_AAL_ALARM_03* e *HEAT_AE1905_D_AAL_ALARM_05*: Estes dois alarmes foram classificados, respectivamente, como o 2º e o 3º da lista dos Top 10, correspondendo a 17,9% do total de ocorrências. As mensagens indicam o registro de baixa concentração de oxigênio nas zonas 3 e 5 do forno, respectivamente. Foi verificado na análise que, durante operação normal da planta, esta “baixa concentração” é diversas vezes atingida por curtos intervalos de tempo gerando um alarme sem, no entanto, representar uma condição anormal do processo. Já prevendo esta situação, a lógica de geração do alarme possui um temporizador que leva à sua atuação somente se esta indicação de concentração baixa se mantiver contínua por um período de, no mínimo, 5,0 s. Visando reduzir a frequência de ocorrência deste alarme, esses 5,0 s devem ser revistos, avaliando-se a possibilidade de ampliação deste tempo sem, contudo, comprometer a segurança do processo. Com esta mudança, estes alarmes passariam realmente a indicar uma situação anormal que demanda uma atuação do operador, correspondendo assim à definição de Alarme apresentada na seção 2.1. Esta situação se repete para os analisadores de concentração de oxigênio de todas as zonas do Forno, apesar de terem aparecido na lista dos Top 10 somente as mensagens referentes aos analisadores das zonas 3 e 5.
- *W_WB_GRS_SYSTEM_FAULT*: Este alarme foi classificado como o 4º da lista dos Top 10, correspondendo a 3,53% do total de ocorrências. A mensagem indica o registro de uma falha no sinal de “OK” recebido do painel do Sistema de Lubrificação dos equipamentos móveis do forno. Durante a análise, foi verificado que este alarme não atuou de modo sistemático durante o período avaliado, com 82% de suas ocorrências concentradas em um único dia. Isso se mostra estar relacionado a uma condição específica, isto é, uma falha verificada somente naquele momento. Assim sendo, conclui-se que a implementação de alguma ação de redução da ocorrência deste alarme não traria um resultado consistente na melhoria do desempenho do Sistema de Alarmes.

8.3 Próximos Passos para Implementação das Modificações

Com as análises realizadas, obtém-se subsídio suficiente para o planejamento de uma nova fase de implementação de melhorias, a qual demanda o mesmo procedimento realizado no ciclo anterior: Elaboração do RTE, elaboração do SMS, consenso com as equipes envolvidas e programação para execução em parada programada do Forno de Reaquecimento. Além disso, o novo set para os temporizadores das lógicas de atuação dos alarmes de concentração baixa de oxigênio precisa ser definido em conjunto com a equipe de operação da planta.

Conforme exposto, as ocorrências dos alarmes HEAT_WC_FSL_1930_P_FAL_ALARM e HEAT_WC_FSL_1930_O_FAL_ALARM corresponderam a 26,6 % do total registrado no período analisado e a ação definida

para estes dois alarmes depende apenas do planejamento e implementação. Destaca-se também que este alarme não será totalmente eliminado do sistema: será realizada a correção da falha na sua lógica de atuação.

Desta forma, considerando que somente esta ação seja implementada e que a correção da falha na lógica resulte na redução de aproximadamente 80% no número de ocorrência deste alarme, pode-se estimar que somente esta ação do segundo ciclo de otimização causará uma redução da ocorrência de alarmes do sistema em torno de 21,3%.

Assim, com relação aos patamares iniciais do sistema seria acumulada, nos dois primeiros ciclos de otimização, uma redução em torno de 35,4% das ocorrências de alarmes do sistema.

9 CONCLUSÃO

Como regra geral, o gerenciamento dos alarmes das plantas industriais é realizado de modo pontual. Quando surge um problema como, por exemplo, um alarme que toca insistentemente e sem motivação real, é então solicitado pela operação que a equipe responsável – manutenção ou automação – atue para resolver aquela anomalia específica. No entanto, à medida que estes problemas se avolumam e tornam-se crônicos, este modelo de tratamento não mais funciona. Neste cenário, a utilização de técnicas e ferramentas no trabalho realizado foi imprescindível para se atingir uma solução realmente eficiente para o problema.

As ferramentas utilizadas para o tratamento dos dados – planilhas e macros do Excel – foram desenvolvidas internamente, sem custo adicional para a empresa, e podem ser aplicadas em outros sistemas de alarmes semelhantes que também gerem arquivos de extensão “.alg”. Desta forma, o desenvolvimento destas ferramentas já representa um importante resultado obtido.

Voltando ao objetivo principal do projeto, foi atingida uma melhora considerável do desempenho do Sistema de Alarmes do Forno de Reaquecimento, com a redução de 17,9% das ocorrências de alarmes. Soma-se a isso o potencial de redução de mais 21,3% com a implementação futura de uma das ações do segundo ciclo de otimização, ação esta já definida. Esse resultado está relacionado ao tratamento de somente quatro alarmes das listas de Top 10, dois por ciclo, evidenciando mais uma vez a importância da realização das estratificações na definição dos focos de problema a serem combatidos.

Finalmente, destaca-se que, como qualquer processo de otimização, o Gerenciamento de Alarmes deve ser uma ação contínua. A lista dos Top 10 se renova a cada ciclo, e à medida que alguns alarmes são tratados outros passam a ocupar lugar de destaque como os maiores contribuintes para um mau desempenho do sistema. O desafio é identificar e agir sobre aqueles pontos que resultarão na melhora consistente do desempenho do Sistema de Alarmes.

REFERÊNCIAS

- 1 International Society of Automation (2009): *Management of Alarm Systems for the Process Industries*, ANSI / ISA – 18.2 – 2009.
- 2 The Engineering Equipment and Materials Users Association (2007): *Alarm systems: A guide to design, management and procurement*, EEMUA Publication N° 191, 2nd Edition
- 3 Health and Safety Executive (1997): *The explosion and fires at the Texaco Refinery, Milford Haven, 24 July 1994: A report of the investigation by the Health and Safety*

- Executive into the explosion and fires on the Pembroke Cracking Company Plant at the Texaco Refinery, HSE.*
- 4 NAMUR (2005): *Alarm Management*, NAMUR Worksheet N° 102
 - 5 International Society of Automation (2004): *Annunciator Sequences and Specifications*, ISA-RP 18.1 - 1979, rev. 2004.
 - 6 HOLLIFIELD, B.R. e HABIBI, E. (2007): *Alarm Management: Seven Effective Methods for Optimum Performance*, Editora ISA – International Society of Automation.
 - 7 Health & Safety Executive (2000): *Better alarm handling*, Chemicals Sheet N° 6, HSE. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/pubns/chis6.pdf>> Acesso em 01/10/09.
 - 8 BRANSBY, M.L. e JENKINSON, J. (1998): *The management of alarm systems: A review of current practice in the procurement, design and management of alarm systems in the chemical and power industries*, HSE – Health & Safety Executive. Disponível em: <http://www.hse.gov.uk/research/crr_pdf/1998/crr98166.pdf> Acesso em 01/10/09.
 - 9 ArcelorMittal Tubarão (2009): *Laminador de Tiras a Quente – Forno de Reaquecimento de Placas – Alarmes do Sistema de Supervisão – Relatório Técnico de Engenharia n° B5203JRT0002* (Documento interno à empresa).