

IMPLANTAÇÃO DA SOLUÇÃO M.E.S. NA FÁBRICA DE CLINQUER DA CSN¹

Especificação, desenvolvimento e implantação de solução personalizada

Ronaldo Lee Tavares²
 Michely Ribeiro de Faria Almeida³
 Gerson de Souza Rodrigues³
 Helio Ricardo do Nascimento Silva⁴
 Edson de Oliveira Santos⁵
 Cristiana Oliveira dos Santos⁶
 Antônio Carlos Marques Santos⁷
 Juliana de Castro Saraiva⁸
 Gustavo Melim do Carmo⁹
 Fabio de Carvalho Seabra¹⁰

Resumo

A solução MES foi desenhada para melhorar a gestão do negócio da Fabrica de Clinquer da CSN, localizada em Arcos, entregando dados no *timing* necessário, com a precisão necessária. As funcionalidades que desempenham esse papel estão divididas em módulos de produção, estoque, qualidade, eventos e alarmes, relatórios e indicadores. Além de "funções-padrão" de sistemas MES, a solução tentou avançar na direção de integrar ferramentas de melhoria contínua em um mesmo sistema. O controle estatístico de processos, a análise de paradas produtivas através de Pareto e as outras funcionalidades do MES permitem que os usuários capturem e visualizem dados ora em tempo real ora consolidados, que facilitam e agilizam o processo de tomada de decisão.

Palavras-chave: MÊS; Clinquer; Sistema de informação.

M.E.S. SOLUTION IMPLEMENTATION AT CSN CLINKER FACTORY

Abstract

The M.E.S. solution was designed to improve business management in the CSN clinker factory in Arcos, delivering data in the perfect timing with appropriate quality. The functionalities designed for such role are divided in modules: production, inventory, quality, alarms and events, reports and KPIS's. Apart from the basic standard functionalities, the solution tried to move forward into integrating continuous improvement tools in the same system. Statistical Process Control, equipment shutdown investigation, automatic Pareto charts and other M.E.S. functionalities allow users visualization and analysis of real time and consolidated information optimizing decisions making process.

Key Words: MES; Clinker; Information system.

¹ Contribuição técnica ao 16º Seminário de Automação e TI Industrial, 18 a 21 de setembro de 2012, Belo Horizonte, MG.

² Analista de Sistemas e Especialista da CSN

³ Analista de Negócios Senior da CSN

⁴ Coordenador de Qualidade da CSN

⁵ Coordenador de Produção da CSN

⁶ Analista de Desempenho Operacional da CSN

⁷ Gerente Geral de Cimentos da CSN

⁸ Engenheira Química e Consultora da Radix Engenharia & Software

⁹ Engenheiro de Computação e Consultor na Radix Engenharia & Software

¹⁰ Analista de Sistemas Senior da Radix Engenharia & Software.

1 INTRODUÇÃO

A indústria de cimento está distribuída por quase todos os países do mundo, com atuação marcante tanto de empresas locais como de grandes grupos internacionais integrados e com desempenho global.

A produção por continente mostra, claramente, o domínio da Ásia em termos de produção e consumo de cimento.

No desenvolvimento da indústria cimenteira e, por conseguinte no crescimento das produções mundiais, cabe considerar que o custo com transporte é item de muita relevância na composição do seu preço final, em função do baixo valor unitário relativo. A necessidade de grandes investimentos para se iniciar um projeto de uma planta, o peso dos custos com combustíveis, com fretes e armazenagem, de certa forma, tornam pífias as exportações e importações deste nobre produto em relação ao total produzido no mundo.

O Brasil ocupa local de destaque na América Latina, ocupando a primeira posição em produção e consumo, superando países com o México, por exemplo.

A CSN implantou uma nova planta de fabricação de clínquer anexa à Mineração de Calcário, em Arcos - MG. A planta começou a operar no primeiro semestre de 2011. O objetivo era que a fábrica entrasse em operação com todo gerenciamento de informações sendo feito através de um sistema MES totalmente integrado com o chão de fábrica e o ERP.

O conceito de sistemas de execução da manufatura (MES) surgiu no final dos anos 90, quando as indústrias passaram a sinalizar a necessidade de sistemas de informação da produção mais confiáveis e velozes. Inicialmente, foi proposta uma integração direta entre os sistemas de controle e os sistemas corporativos (ERP). Acreditava-se que essa integração fosse suficiente para agilizar o intercâmbio de informações. Contudo, os robustos sistemas corporativos não são capazes de processar adequadamente as informações em tempo real da produção e fez-se evidente a necessidade de uma camada independente para o gerenciamento da produção e capaz de fazer a integração entre estas duas camadas: sistemas corporativos e sistemas de controle. À medida que as indústrias implementavam soluções de gerenciamento de manufatura, surgiam as primeiras convenções para esses sistemas.⁽¹⁾

Em 1997, a MESA International forneceu a primeira definição para sistemas MES, ainda aceita atualmente:

“Sistemas de Execução da Manufatura (MES) são sistemas de chão-de-fábrica orientados para a melhoria de desempenho, o qual complementa e aperfeiçoa os sistemas integrados de gestão (planejamento e controle) da produção.”⁽¹⁾

A MESA desenvolveu também recomendações para o desenvolvimento e implementação desse tipo de sistema, sob a forma de onze funcionalidades sugeridas. A ISA estendeu sistematicamente essas recomendações em normas internacionais para o desenvolvimento da interface automática entre sistemas de controle e corporativos. Um exemplo dessas normas é a ISA-95, aplicável a todas as indústrias e processos. Essa norma tem como objetivos o fornecimento de terminologias, modelos de informação e modelos de operação consistentes que esclareçam a funcionalidade do MES e definam como a informação deve ser utilizada pelo sistema.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Em julho de 2010, a Radix se uniu à CSN para desenvolver e implantar um sistema MES para a nova unidade produtora de clínquer.

O projeto foi dividido em três etapas: *blueprint*, desenvolvimento e implantação.

Em cada uma das etapas, reuniões do comitê do projeto aconteciam para gerenciar os riscos e garantir uma implementação delicada e transparente.

Etapa de *Blueprint*

Nessa etapa, o sistema MES para a fábrica de clínquer da CSN foi inteiramente desenhado. Várias entrevistas e reuniões em grupo foram realizadas com os usuários-chaves do sistema para mapear as principais demandas.

Uma das principais dificuldades encontradas nessa etapa foi a concorrência de projetos para utilização dos recursos, já que a fábrica ainda estava em fase de implantação e um mesmo recurso CSN deveria participar de atividades no projeto de instalação da fábrica e no projeto de desenho e desenvolvimento do MES.

Como resultado do *blueprint*, os seguintes módulos funcionais foram previstos: módulo de produção, módulo de estoque, módulo de qualidade, módulo de eventos e alarmes, módulo de relatórios e módulo de indicadores.

Etapa de Desenvolvimento

Nessa etapa, o sistema MES foi desenvolvido com base tanto na arquitetura quanto na especificação funcional aprovados na etapa de *blueprint*.

Para o desenvolvimento foi utilizada a arquitetura Web Componentizada dividida em três camadas (persistência, negócios e apresentação) seguindo o padrão MVC, escrito em .NET e utilizando-se da linguagem C#.

Ferramentas de controle de versões, gerenciamento de erros e outras foram utilizadas nessa etapa.

A MES foi integrado ao ERP (SAP) e ao PIMS da CSN.

À medida que o desenvolvimento das funcionalidades era finalizado, testes unitários eram realizados para, o quanto antes, erros básicos serem resolvidos. Mais tarde, após término do desenvolvimento de todo o sistema, a homologação foi feita em ambiente CSN para a realização do treinamento dos usuários e testes integrados.

Etapa de Implantação

Nessa etapa, o treinamento dos usuários foi realizado, o sistema foi inicializado e a operação foi assistida pelos profissionais da Radix e da CSN por um período de um mês.

3 RESULTADOS

Funcionalmente, o sistema MES da fábrica de clínquer da CSN foi dividido em seis módulos:

- Módulo de Produção: esse módulo abriga funcionalidades de planejamento de produção, consulta, aprovação e apontamento de produção, cadastro de *mix* de argila e combustível e livro de turno;
- Módulo de Estoque: esse módulo abriga funcionalidades de recebimento de materiais, expedição de clínquer, consulta de estoques, atualização manual de estoque e gerenciamento de pilhas de calcário;

- Módulo de Qualidade: esse módulo abriga funcionalidades de apontamento de resultados de análises de qualidade, consulta de resultados apontados e visualização de resultados em carta de controle estatístico;
- Módulo de Eventos e Alarmes: esse módulo abriga funcionalidades de apontamento e edição de paradas de equipamentos, consulta de informações sobre paradas de equipamentos, gráfico pareto de paradas e consulta de eventos e alarmes;
- Módulo de Relatórios: esse módulo abriga o relatório geral de operação, gerado automaticamente com os dados do banco do MES;
- Módulo de Indicadores: esse módulo permite a visualização rápida, em forma gráfica, dos principais indicadores de *performance* fabris. Além disso, as informações podem ser exportadas para Microsoft Excel.

4 DISCUSSÃO

A solução MES foi desenhada para melhorar a gestão do negócio, entregando dados no *timing* necessário com a precisão necessária. Além de funções-padrão de sistemas MES, a solução desenvolvida para a CSN tentou avançar na direção de integrar ferramentas de melhoria contínua em um mesmo sistema.⁽²⁾

Um exemplo disso é a funcionalidade de gestão de paradas de equipamentos. O escopo dessa funcionalidade é a abertura automática de eventos de paradas de equipamentos, a possibilidade dos usuários justificarem ou classificarem as paradas e a consulta dessas informações posteriormente, em gráficos de pareto. O ponto crucial é a integração com a camada de automação fabril para recebimento, pelo MES, do sinal que caracteriza a parada. Outro ponto importante é a disciplina de os usuários classificarem e/ou justificarem todas as paradas acusadas e registradas no MES. Essa ferramenta permite, além do registro de investigação de paradas, a divisão de paradas em que mais de uma equipe trabalhou, facilitando assim a divisão da contribuição de cada motivo ou causa de parada para os indicadores de *performance* das áreas. Dessa forma, a liderança operacional tem visibilidade dos principais motivos para as paradas dos equipamentos, a recorrência desses eventos e o impacto nos principais indicadores fabris como disponibilidade, MTBF (*Mean time Between Failure*) e MTTR (*Mean Time to Repair*). As Figura 1 e Figura 2 exibem as principais telas que compõem a funcionalidade de gestão de paradas de equipamentos.

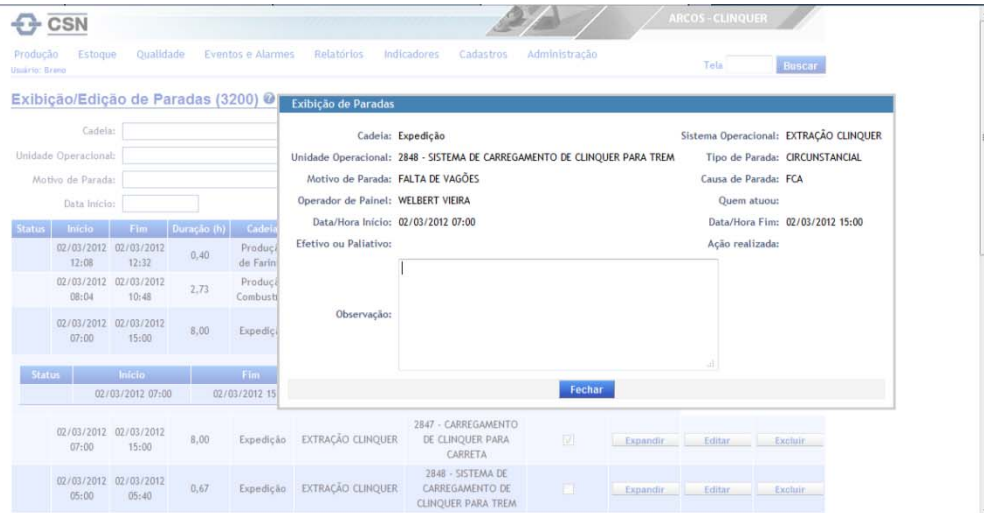


Figura 1: Classificação/Justificativa de paradas.

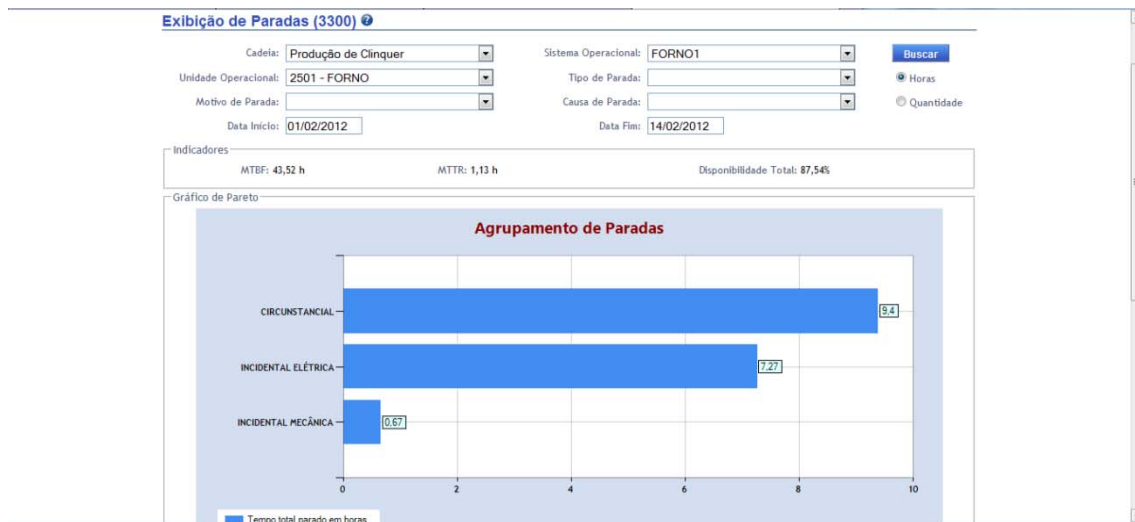


Figura 2: Gráfico pareto de paradas.

Outra importante ferramenta disponibilizada no sistema MES para os usuários é a carta de controle estatístico para resultados de análises de qualidade. Como não existia sistema LIMS ou qualquer outra ferramenta de gestão de resultados de qualidade, foi demandado que o MES possuísse tela para apontamento e registro dos resultados de análises. Além disso, a consulta pode ser feita ora em tabelas ora em carta de controle estatístico, de todos os dados ou apenas dados consolidados por dia. A carta de controle contém um gráfico de tendência, um histograma, os limites de controle operacional, a média, o desvio padrão, o mínimo e o máximo dos dados. É também possível consultar duas cartas de controle de dois parâmetros de qualidade simultaneamente, para análises comparativas de resultados. A Figura 3 exibe a carta de controle estatístico desenvolvida para auxiliar o usuário a observar o comportamento dos resultados das análises de qualidade.



Figura 3: Carta de Controle para resultado de qualidade.

Ainda além de funcionalidades-padrão de um sistema MES e outras associadas à melhoria contínua, funcionalidades com fins de aumentar a visibilidade do processo para a liderança e garantir a segurança da informação também foram especificadas, desenvolvidas e implantadas. Exemplo desse último tipo é a funcionalidade de livro de turno que permite o registro dos eventos que ocorreram em cada um dos turnos em quaisquer aspectos como segurança, meio ambiente, qualidade ou operação. A Figura 4 exibe exemplo de livro de turno digital na interface MES.

Figura 4: Livro de Turno no ambiente MÊS.

Apesar de planejamento de produção ser uma funcionalidade prevista, comum em sistemas MES, a complexidade dessa ferramenta é normalmente melhor explorada em sistemas APS – *Advanced Planning System*.

No MES da CSN foi desenhada a funcionalidade de planejamento de produção integrada à de indicadores, acompanhamento de produção e gerenciamento de paradas. De forma gráfica, é possível acompanhar a evolução do plano mensal de produção e ainda verificar aderência da produção realizada ao

plano mensal base ou a replanejamentos. A Figura 5 exibe exemplo desse gráfico utilizado para acompanhar o avanço mensal da produção.



Figura 5: Gráfico para acompanhamento de plano de produção

Por último, a funcionalidade de indicadores exibe os principais resultados fabris em forma gráfica e amigável para acompanhamento rotineiro. O período de visualização é selecionado pelo usuário e varia a exibição de acordo. Tanto gráfico quanto tabela com os dados geradores podem ser exportados para Excel para manipulação personalizada. Os indicadores podem ser visualizados por cadeia produtiva e as metas devem ser inseridas no sistema manualmente para permitir a comparação com o real. A Figura 6 exibe exemplo de indicador de produção já configurado no MES da CSN. Outros indicadores disponíveis são OEE (*Overall Equipment Efficiency*), consumo específico de energia elétrica, consumo térmico específico, disponibilidade e índice de qualidade de produto.



Figura 6: Gráfico da funcionalidade de indicadores

4.1 Evolução do Sistema

Posteriormente à implantação do sistema e graças à utilização do MES pelos usuários, algumas melhorias foram sugeridas pela CSN e desenvolvidas pela Radix. Exemplos disso são as funcionalidades de bloqueio de equipamentos e levantamento de anomalias. Ambas as funcionalidades querem utilizar o ambiente do MES para gerenciar fluxos de informações, aprovações, *timing*. Além disso, elas aproveitam a visibilidade das informações do sistema e os perfis de acesso configuráveis para regerar ou automatizar procedimentos de gestão internos.

4.2 Bloqueio de Equipamentos

Essa funcionalidade tem como escopo gerenciar as solicitações de bloqueio de energias em equipamentos. Aqui, os solicitantes devem fazer a solicitação via sistema e, apenas após aprovações requeridas, o equipamento pode ser efetivamente bloqueado por área responsável. Estimativa de tempo de bloqueio e motivo ficam registrados na solicitação assim como data e hora das aprovações. As Figura 7 e Figura 8 exibem a tela geral de gestão de bloqueio de equipamentos e o detalhe de uma nova solicitação a ser aberta no sistema.

Produção Estoque Qualidade Eventos e Alarmes Relatórios Indicadores Cadastros Administração Tela

Usuário: Breno

Gestão de Bloqueios (3700)

Cadeia: Sistema Operacional:

Unidade Operacional: Status:

Status	Data	Cadeia	Sistema Operacional	Unidade Operacional	Tempo previsto de bloqueio (h)			
Bloqueado	26/03/2012 14:55	Produção de Clínquer	INJEÇÃO DE COMBUSTÍVEL	2605 - VÁLVULA DUPLOFLAP	8	<input type="button" value="Detalhes"/>	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
Bloqueio Aprovado	26/03/2012 14:55	Produção de Clínquer	FORNO1	2501b - ESTAÇÃO DE LUBRIFICAÇÃO HIDRÁULICO PARA O GRUPO DE EMPURRÃO	12	<input type="button" value="Detalhes"/>	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
Desbloqueado	26/03/2012 14:54	Produção de Farinha	MOINHO DE CRU1	2103 - MOINHO DE CRU	20	<input type="button" value="Detalhes"/>	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
Bloqueio Não Aprovado	26/03/2012 14:53	Expedição	EXTRAÇÃO CLINQUER	2801 - VÁLVULA DE AGULHA	5	<input type="button" value="Detalhes"/>	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
Bloqueio Aprovado	26/03/2012 14:53	Produção Combustível	DESCARGA/ESTOCAGEM	1602a - CADEIA DE LIMPEZA PETCOQUE BRUTO	5	<input type="button" value="Detalhes"/>	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
Aguardando Aprovação	26/03/2012 14:52	Produção Combustível	MOINHO1	2706cM1 - MOTOR	10	<input type="button" value="Detalhes"/>	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>

Figura 7: Tela Geral de Bloqueio de Equipamentos

Produção Estoque Qualidade Eventos e Alarmes Relatórios Indicadores Cadastros Administração Tela

Usuário: Breno

Gestão de Bloqueios (3700)

Cadeia: Sistema Operacional:

Unidade Operacional: Status:

Solicitação de Bloqueio de Equipamento

Cadeia:

Sistema Operacional:

Unidade Operacional:

Tempo previsto de bloqueio (h) :

Observação:

Status	Data	Cadeia	Sistema Operacional	Unidade Operacional	Tempo previsto de bloqueio (h)			
Bloqueado	26/03/2012 14:55	Produção de Clínquer	INJEÇÃO DE COMBUSTÍVEL	2605 - VÁLVULA DUPLOFLAP	8	<input type="button" value="Detalhes"/>	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
Bloqueio Aprovado	26/03/2012 14:55	Produção de Clínquer	FORNO1	2501b - ESTAÇÃO DE LUBRIFICAÇÃO HIDRÁULICO PARA O GRUPO DE EMPURRÃO	12	<input type="button" value="Detalhes"/>	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
Desbloqueado	26/03/2012 14:54	Produção de Farinha	MOINHO DE CRU1	2103 - MOINHO DE CRU	20	<input type="button" value="Detalhes"/>	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
Bloqueio Não Aprovado	26/03/2012 14:53	Expedição	EXTRAÇÃO CLINQUER	2801 - VÁLVULA DE AGULHA	5	<input type="button" value="Detalhes"/>	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
Bloqueio Aprovado	26/03/2012 14:53	Produção Combustível	DESCARGA/ESTOCAGEM	1602a - CADEIA DE LIMPEZA PETCOQUE BRUTO	5	<input type="button" value="Detalhes"/>	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
Aguardando Aprovação	26/03/2012 14:52	Produção Combustível	MOINHO1	2706cM1 - MOTOR	10	<input type="button" value="Detalhes"/>	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>

Figura 8: Nova solicitação de bloqueio de equipamentos

5 CONCLUSÃO

O sistema MES da fábrica de clínquer da CSN Arcos foi um projeto bem sucedido da parceria CSN-Radix.

Os principais fatores responsáveis pelo sucesso da solução foram a transparência no relacionamento entre a CSN e a Radix e a habilidade técnica da equipe do projeto.

O fato de a solução ser completamente customizada para a necessidade do cliente permitiu uma implantação suave e demandou menos esforços de ambos os lados.

O fato de a ferramenta ter sido implantada juntamente com a fábrica, com certeza contribuiu positivamente para os bons resultados atingidos durante *ramp-up* do forno.

Agradecimentos

Tanto a equipe de TI da CSN e da empresa Radix Engenharia quanto os usuários do sistema MES de Arcos contribuíram fortemente para que o projeto fosse bem sucedido, assim, gostaria de agradecer a todos esses que tiveram paciência com o

projeto e emitiram suas opiniões e continuam emitindo de forma a tornar o MES Clinquer essa ferramenta de melhoria contínua conforme concepção.

REFERÊNCIAS

- 1 MEYER, H., FUCHS, F., THIEL, K. Manufacturing Execution Systems: Optimal Design, Planning and Deployment, Nova York: McGraw-Hill, 2009.
- 2 HWANG, Y. -D. The practices of integrating manufacturing execution systems. **Int J Adv Manuf Technol**, p. 145-154, mai.2006.