

IMPACTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL INTEGRADA PARA MOAGEM VERTICAL DE CRU EM FÁBRICA DE CIMENTO

1º José Dionizio Crisostomo de Brito Júnior
Bacharelado em Engenharia Elétrica – Departamento de Engenharia e Tecnologia – DET
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA
line 4: Mossoró, RN, Brasil
dioniziojr@gmail.com

2º Victor de Paula Brandão Aguiar
Departamento de Engenharia e Tecnologia - DET
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA
Mossoró, RN, Brasil
victor@ufersa.edu.br

Resumo—A indústria de cimento vem se automatizando cada dia mais no Brasil, um dos principais fatores que impulsionam este movimento é a necessidade de manter as máquinas e equipamentos funcionando em maior parte do tempo. Logo, investir em integrar setores e sistemas que não possuem automação integrada pode ser vantajoso para diminuir os números de paradas e o tempo de indisponibilidade de máquina. O presente artigo apresentará um estudo sobre os sistemas de uma fábrica de cimento, apresentando suas características, padrões e operações. E por fim, se os impactos da implementação da automação integrada junto com a implementação de novos instrumentos de medição em sistemas isolados é vantajoso ou não para a manutenção saudável da fábrica.

Palavras-chave—Fábrica de cimento, sistemas, automação industrial, integração, manutenção.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente indústrias de grande porte não sobrevivem sem o uso da automação industrial. Entretanto, é grande a quantidade de fatores de adequação do processo industrial que devem ser ponderados antes de automatizar uma indústria [7]. Alguns dos fatores que podem ser ponderados são: Se o produto produzido é novo ou já existente, as condições ambientais que irão afetar seu sistema (temperatura, ruídos, vibrações, etc.), quantos dispositivos analógicos e discretos a aplicação terá. Esses são conceitos que foram construídos ao longo da história evolutiva da automação industrial [6].

O presente trabalho abordará os conceitos básicos sobre automação industrial, a apresentação profunda sobre os sistemas presentes em uma moagem vertical de rolos usado para fabricação de cru, que é o produto final formado por grãos muito finos de argila, calcário, gesso e arisco, usado nos fornos das fábricas de cimento. E por último, se o implemento da automação industrial integrada em tempo real trás impactos positivos para operação e manutenção deste moinho.

Portanto, indaga-se: Quais os principais impactos da aplicação de um sistema integrado de automação industrial?

Então, o objetivo da presente pesquisa é desenvolver de forma satisfatória, um estudo de caso para uma moagem de cru em fábrica de cimento.

Para tanto, foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- Descrever as principais características dos sistemas de moagem de cru;
- Listar os principais tópicos de problemas e defeitos que são encontrados nesses sistemas;
- Identificar instrumentos digitais presentes nos sistemas e realizar upgrade para instrumentos industriais mais modernos;
- Após os upgrades devidos, levantar o número de paradas por quebra e a quantidades de horas paradas e produzindo do moinho.

Parte-se da hipótese que trazendo mais informações para o supervisor (por exemplo: temperaturas, pressão, vazão.) será mais fácil identificar o acontecimento de alguma avaria no moinho antes que o mesmo venha a se agravar.

Assim para viabilizar o teste da hipótese, a pesquisa tem uma aplicação real, descrevendo os sistemas antes e depois do upgrade dos sistemas. Prezando a qualidade e não a quantidade de instrumentos, testando a hipótese de que um sistema integrado de automação industrial vai evitar horas de máquina parada.

Na primeira seção, são descritas as principais características dos sistemas da moagem de cru, bem como sua característica complementar a um sistema integrado de automação industrial.

Na segunda seção, apresenta-se uma lista com os principais tópicos das literaturas da automação industrial.

Na terceira seção, faz-se um levantamento para identificação a melhor localização para os instrumentos novos e instalação de cada componente dos sistemas novos integrados de automação industrial.

De todo exposto e upgrade aplicado, o objetivo desse trabalho será a verificação dos impactos de forma positiva ou não, da implementação da automação industrial integradas em uma moagem de cru presente em fábricas de cimento.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A. Descrição do Processo de Uma Fábrica de Cimento Portland

Em um contexto inicial o processo de fabricação de cimento se divide em diversas fases. Inicialmente a matéria prima é retirada da mina, britada e armazenada em um

galpão de homogeneização [1]. Em seguida, o calcário é misturado com alguns aditivos e moído dentro do moinho vertical de cru. Depois, a matéria prima agora se tornou um pó, chamado de farinha. Essa farinha é armazenada em um silo e posteriormente é aplicada na torre de ciclones, onde será pré-aquecida até chegar ao forno rotativo que, por sua vez, aquece a farinha até a temperatura final de 1450 °C, onde então obtém-se o clínquer [2].

O clínquer é o principal componente do cimento Portland. Todo o clínquer é armazenado em um silo gigante de 30.000t, para depois ser moído novamente com alguns aditivos, como gesso, calcário, pozolana e escoria. E finalmente, se tornar cimento. Podendo ser armazenado em sacos ou vendido a granel.

A Figura 1 apresenta um fluxograma da fabricação de cimento.

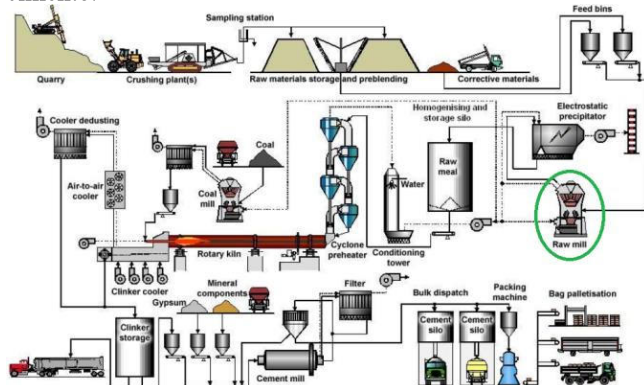


Fig. 1 - Processo de fabricação de cimento[3].

Em fábricas modernas, onde a automação industrial foi implementada, todo esse processo é controlado por um *software* supervisor. Local onde, o operador de painel central controla e monitora todas as variáveis de processos e motores elétricos em tempo real.

A Figura 2 mostra um exemplo de supervisor.

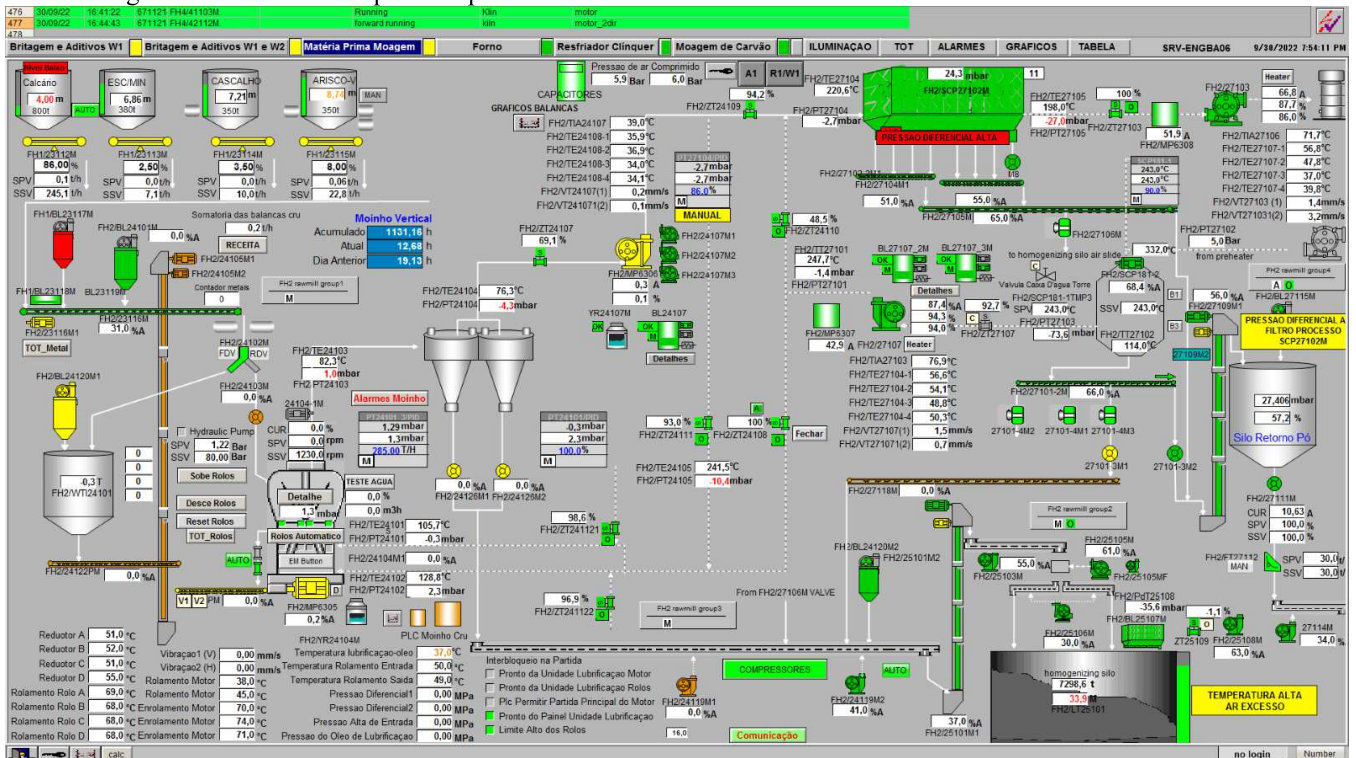


Fig. 2 - Supervisor [Autoria própria].

No supervisor, o operador de painel com a ajuda da automação industrial pode, ligar e desligar equipamentos como válvulas, motores, compressores, pistões e relés. Pode também, visualizar gráficos de temperatura, vazão, pressão, peso e nível em todos os pontos da planta. Além disso, existem lógicas de proteção de máquinas que quando uma determinada variável de processo atingir um limite nível muito alto o equipamento desliga automaticamente para proteger sua integridade.

B. Características de Sistemas Isolados e Integrados

Na indústria de fabricação de cimento, por se tratar de uma planta de grandes proporções, muitos sistemas possuem controlador lógico programável (CLP) próprio onde externam para a rede principal de controle de automação, apenas alguns sinais digitais, como falha, permissão, funcionando e alarme, deixando o diagnostico muitas vezes sendo apresentado por um led em um painel no campo.

Esse tipo de sistema trabalha como um sistema isolado, onde o operador de painel não consegue visualizar as variáveis de processo em tempo real, ficando amarrado a receber um sinal digital de falha ou alarme, muitas vezes tarde demais para salvar uma parada do equipamento.

Um exemplo de equipamento de equipamento que trabalha assim, são as unidades hidráulicas do moinho de cru vertical.

A Figura 3 apresenta um moinho vertical.



Fig. 3 - Moinho de cru vertical [4].

Este equipamento possui 3 unidades de lubrificação que não são integrados a rede principal de automação, onde 2 lubrificam os 4 rolos internos e 1 lubrifica os mancais do motor elétrico de indução trifásica de 2500kW e 6.600V com partida por hidro reostato. Essas unidades de lubrificação possuem transmissores analógicos que enviam os sinais elétricos para controladores independentes que fecham ou abrem contatos, informando ao CLP do painel dedicado que

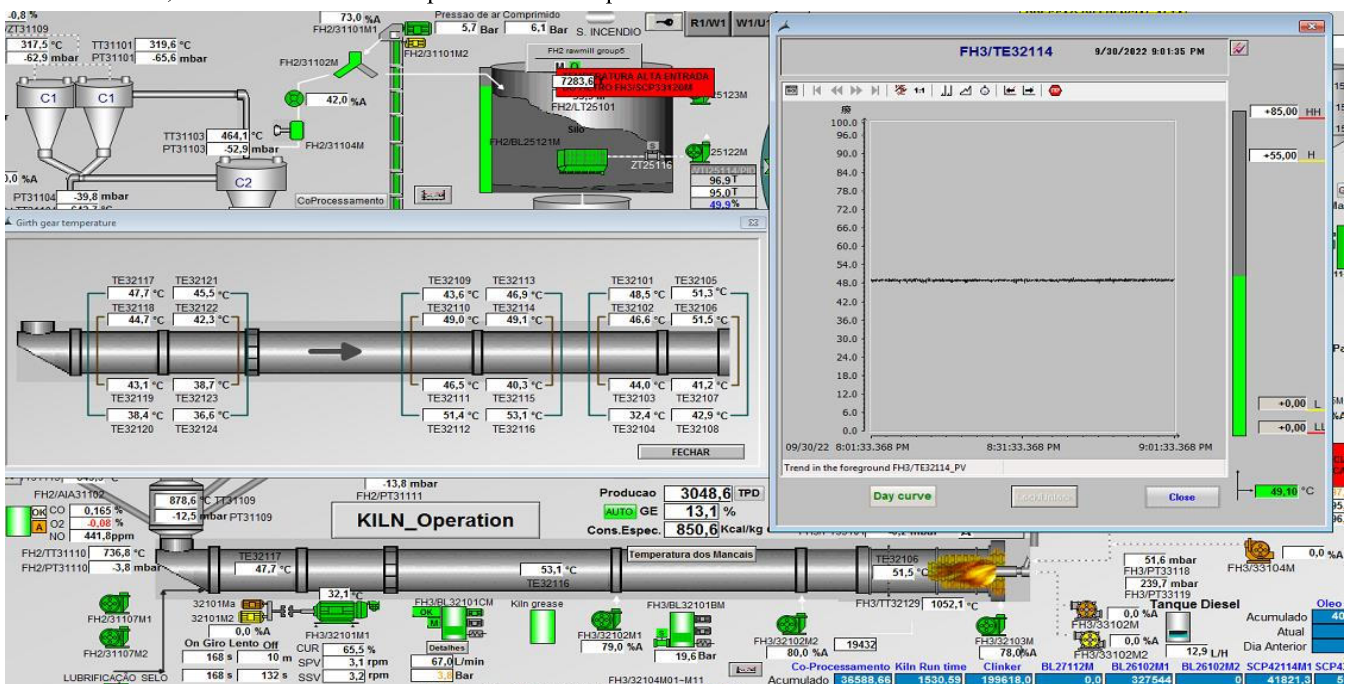


Fig. 4 - Mancais do forno [Autoria própria].

o sensor entrou na faixa de alarme e o CLP por sua vez externa para o supervisor o sinal digital de alarme daquele determinado equipamento.

Diferente do sistema de isolado, o sistema integrado tem todos os sinais analógicos e digitais de um determinado equipamento mostrado em tempo real para o operador de painel central, ele por sua vez usa dos seus conhecimentos técnicos para avisar a manutenção elétrica ou mecânica que existe alguma anomalia. Muitas vezes, podendo ser feita alguma intervenção segura da manutenção sem parar determinada máquina.

Um exemplo disso são os mancais do forno rotativo que possuem 24 temperaturas, as quais são variáveis de processos e podem ser lidas através de gráficos em tempo real para o operador de painel. Com a ajuda da automação industrial são ajustadas faixas de alarme alto e muito alto, essas faixas servem para chamar a atenção do operador de painel bem antes de haver um sinistro no mancal. E se por ventura a temperatura subir até o limite muito alto o comando de desligar forno entra em ação.

A Figura 4 mostra o exemplo de sistema de monitoramento de variável de processo na área dos mancais do forno.

C. Descrição do processo de um moinho de rolos vertical

O moinho vertical é um tipo de equipamento industrial usado para trituração ou moer materiais em pequenas partículas. Os moinhos de rolos verticais são amplamente utilizados nos campos de concreto e mineração, e também são usados para processar gesso. Essas unidades podem processar tanto matérias-primas quanto recicladas, ao mesmo tempo em que ajudam a reduzir o desperdício e a preservar os estoques virgens desses materiais.

A Figura 5 mostra o fluxo do material.

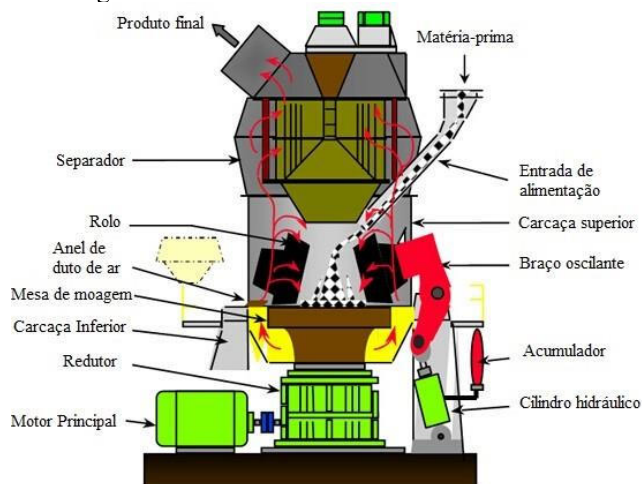


Fig. 5 – Fluxo do moinho de rolos vertical [5].

A mistura de calcário com aditivo entra no moinho com auxílio de uma eclusa, a mesma garante a vedação na entrada de alimentação, o material desce pela gravidade até a mesa de moagem em alta rotação. Esta rotação da mesa expulsa o material até suas extremidades, onde os rolos estão levantados sem contato com a mesa, em seguida os rolos recebem o comando de pressão de moagem começando a achatar o material com a mesa. A saída do produto final é feita pela exaustão de um exaustor externo, a força de arrasto é tão grande que levantam as partículas moídas e as passam por um separador dinâmico que separa apenas as partículas mais grossas para remoer. Passando assim, apenas o material moído que esteja na espessura desejada. Então, o produto final é enviado para armazenado em um silo para aguardar ir para o forno.

Algumas vantagens são destacadas no site do fabricante. Por exemplo, o separador de alto desempenho e fluxo de ar otimizado garantem alta eficiência de separação e baixa perda de pressão para economia de energia. Os rolos excessivamente grandes permitem uma alimentação grosseira e garantem um leito de moagem espesso para um tempo de atividade máximo. Todas as forças de impacto e reações dinâmicas são pequenas e, portanto, fáceis de acomodar – evita paradas verticais do moinho. As peças de desgaste segmentadas para mesa e rolos usam os materiais mais resistentes ao desgaste e revestimentos duros para longa vida útil. Segmentos de rolos reversíveis garantem alta utilização de material. A circulação externa reduz o consumo de energia do ventilador. A comporta de alimentação garante fluxo de ar e fluxo de alimentação constante para consumo mínimo de energia e produção ideal do moinho. O moinho vertical é facilmente adaptável para moer materiais úmidos [5].

D. Características do sistema hidráulico

O moinho vertical possui unidades hidráulicas independentes que servem para lubrificar e resfriar os mancais dos motores, mesa de moagem e rolos. Cada unidade possui pressostatos, transmissores de pressão, temperaturas, níveis e de pressão diferencial. Cada unidade também possui 2 bombas controladas por comando elétrico em seu próprio painel dedicado. Este painel dedicado possui led's de indicação de alarmes e falhas, e todo o contato com nosso supervisor é feito por apenas sinais digitais.

A Figura 6 mostra as três unidades hidráulicas ao lado do motor elétrico.



Fig. 6 – Unidades Hidráulicas [Autoria própria].

Tendo em vista que os sinais digitais enviados não trazem um diagnóstico até que haja uma falha ou alarme e que a equipe de manutenção chegue até o local para verificar nos led's qual sensor acionou o sinal de alarme, impossibilitando que haja alguma intervenção preventiva antes da parada do moinho.

A Figura 7 mostra um painel em operação com alguns led's acionados.



Fig. 7 – Painel de unidade hidráulica [Autoria própria].

Com isso foi levantado a hipótese de que integrar todos os sensores das unidades hidráulicas do moinho vertical à rede principal de automação, para que o controle e monitoramento de todos os sinais sejam vistos pelo operador, possibilitaria por exemplo, monitorar um gráfico de temperatura ou pressão e visualizar sua curva em função do tempo. Além disso, instalar sensores de vazão para monitorar quantos litros por minutos são circulados em cada bomba em tempo real. Essas ações, serviriam para prever possíveis

falhas e diminuir o tempo de máquina parada ou em manutenção.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização do projeto de integração, foi necessário o investimento em equipamentos de automação. Tais como, fonte, módulo de comunicação para rede PROFIBUS, cartão de entrada digital, cartão de saída digital, cartões de entradas analógicas e acessórios como bornes, fusíveis, fios e conectores.

A Figura 8 mostra a remota montada e funcionando.



Fig. 8 – Remota [Autoria própria].

A remota é responsável por receber sinais de máquinas e de seus componentes e os transmitem ao CLP. Esses painéis são instalados de forma descentralizadas dentro das plantas industriais e se comunicam através de redes de comunicação industrial, onde a rede PROFIBUS atualmente é adotada como padrão SIEMENS.

Novos instrumentos de medição de vazão também foram instalados nas unidades hidráulicas para verificação em tempo real dessas variáveis de processos (L/h), como mostra a Figura 9.

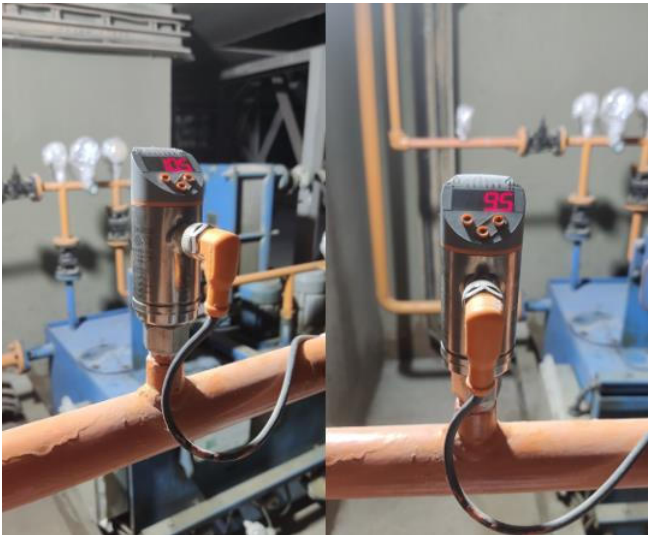


Fig. 9 – Transmissor indicador de vazão [Autoria própria].

Com a implementação desses novos transmissores e a integração dos antigos instrumentos com a remota nova, todos as variáveis de processos então integrados em tempo real com o supervisor.

Foi implementado um cartão de entrada digital de 16 entrada, um cartão de saída digital com 16 saídas e 2 cartões de entradas analógicos com 8 entradas de 13bits cada com leitura de 4 a 20mA.

A atualização da tela de operação também trouxe boas mudanças para a operação. As figuras 10 e 11 mostra o antes e depois da tela de operação.

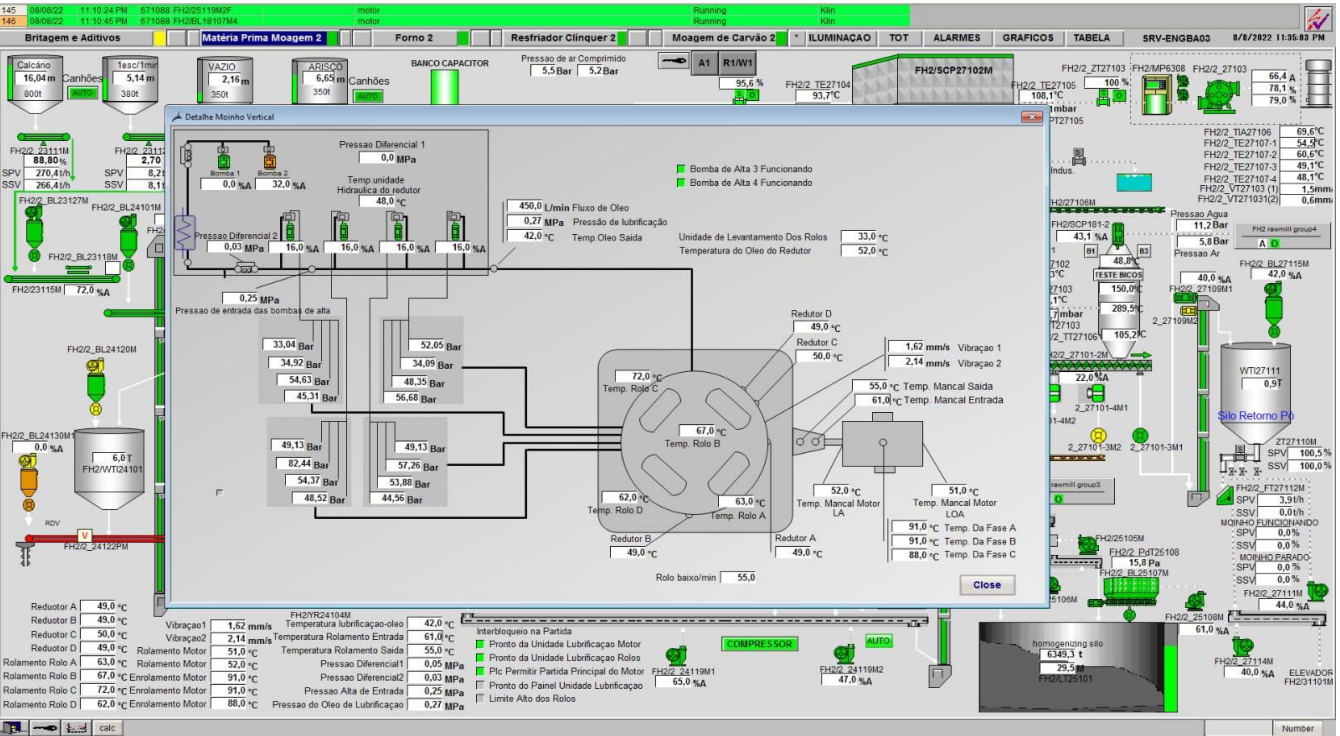


Fig. 10 – Tela de operação do moinho vertical antes [Autoria própria].

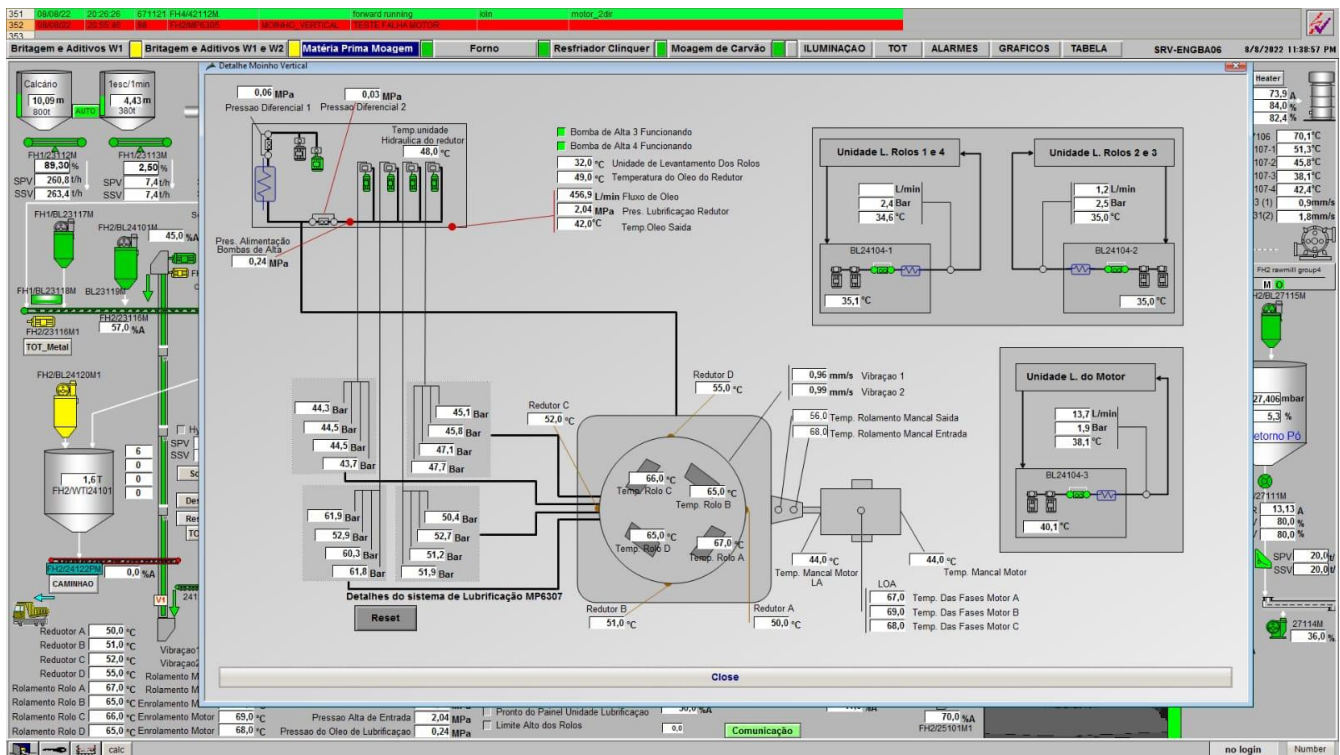


Fig. 11 – Tela de operação do moinho vertical depois [Autoria própria].

IV. RESULTADOS

O setor fabril que faz o planejamento e controle da manutenção – PCM – coleta e registra todos os dados de paradas das grandes máquinas da fábrica. Ele estuda os dados e aponta gráficos onde são apresentadas informações e dados como tipo da parada e tempo de indisponibilidade.

O tipo da parada está interligado com a sua natureza, por exemplo: Um sensor de temperatura do redutor do moinho

de cru apresenta mal contato em sua ligação elétrica fazendo a temperatura subir acima da faixa de alarme indevidadamente, caracteriza uma parada elétrica. Enquanto uma vazamento de óleo diminui o nível do tanque da unidade do redutor do moinho de cru a ponto do sensor parar o equipamento, caracteriza uma parada mecânica.

A figura 12 apresenta as quantidades de paradas durante o ano e que tipo de parada foi.

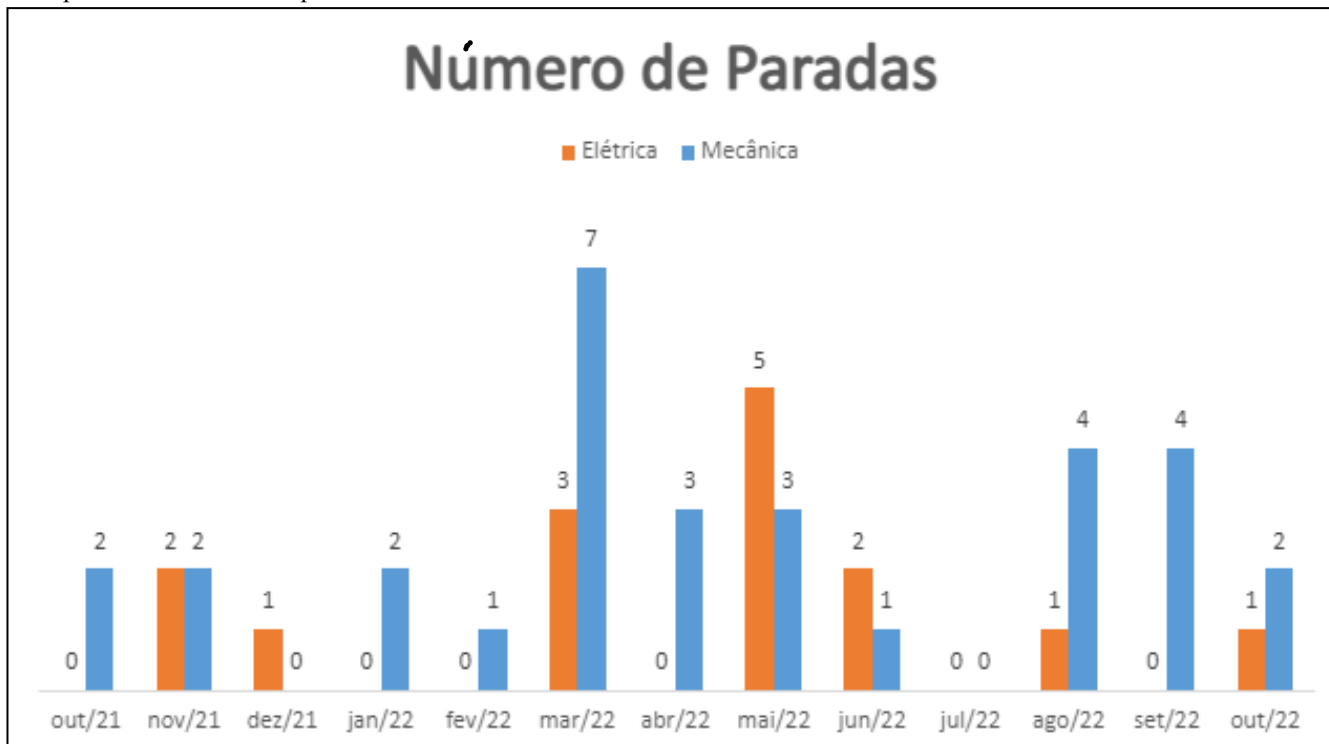


Fig. 92 – Gráfico de paradas [Autoria própria].

V. CONCLUSÃO

É observado que apartir do mês de julho houve uma diminuição brusca do quantidade de paradas elétricas em comparação aos meses anteriores.

Isso se dá principalmente por que a automação integrada possibilita a ação de lógicas de proteção para monitorar possíveis falhas de sensores, fios rompidos e mau contatos. Podendo assim prever a quebra de algum sensor nos primeiros sinais que o mesmo apresentar, como por exemplo:

Um sensor de temperatura do redutor oscilou para - 250°C e depois voltou a medir a temperatura ambiente em menos de 1 segundo. Logo a lógica de alarme entra em ação para informar ao operador de painel central que houve um erro no sensor e que o electricista de manutenção precisa ir verificar.

Esse projeto trouxe resultados importantes para a fábrica por agilizar no tempo de manutenção e principalmente diminuir o tempo total de indisponibilidade. O setor de Planejamento e controle de manutenção (PCM) também registra os dados de paradas e de horas paradas de todas as grandes máquinas da fábrica. A Figura 13 mostra um gráfico que apresenta os resultados durante os últimos 12 meses.

A implementação da integração da automação industrial foi realizada em julho de 2022. Desde então, o dado que mais mostrou resultado positivo foi o de tempo indisponível. Foi observado que o tempo de indisponibilidade sofreu uma baixa considerando um período anterior com a mesma quantidade de paradas de até 51%. O mês de abril registrou 3 paradas e 26,3 horas de indisponibilidade e em outubro com a mesma quantidade de paradas registrou apenas 12,9 horas de indisponibilidade.

Esses resultados satisfatórios trouxeram interesse de implementar cada vez mais os sistemas isolados presentes na fábrica, com a rede de automação industrial integrada.

A pesquisa teve como objetivo geral o estudo dos impactos da implementação da automação industrial integrada na moagem de cru na fábrica de cimento. Constatase que o objetivo geral foi atendido, pois o trabalho conseguiu demonstrar os impactos positivos nessa implementação. O objetivo específico inicial era descrever as principais características de um sistema de fabricação de cimento Portland, em seguida foi apresentado os sistemas de automação industrial de malha fechada e integrado, foi apresentado o sistema de processo de um moinho de cru e por último as características dos sistemas hidráulicos envolvidos. O objetivo específico final era estudar os impactos de integração desses sistemas hidráulicos com a rede principal de automação, que foi atendido com auxílio da equipe de automação industrial e manutenção elétrica da fábrica de cimento com a implementação descritas nos materiais e métodos anteriormente.

A hipótese de que integrar estes sistemas hidráulicos a rede principal de automação é vantajosa quando os resultados encontrados são positivos para diminuir a quantidade de paradas e de horas de indisponibilidade por quebra.

A metodologia da pesquisa tem uma aplicação real, descrevendo os processos reais de fabricação de cimento Portland, apresentando com detalhes os sistemas importantes para manutenção e a qualidade dos sistemas, testando a hipótese de que um sistema integrado é mais vantajoso para a manutenção do que um sistema isolado independente. No procedimento foi consultado apostilas, documentos, manuais e trabalhos, onde foram coletadas fotos do local, imagens ilustrativas e gráficos da própria fábrica.

É recomendado a capacitação das pessoas para o correto manuseio dos instrumentos e leitura das variáveis de processo enviados para o supervisor, a correta manutenção dos dados faz com que seja previsto problemas futuro e desgaste de equipamento.

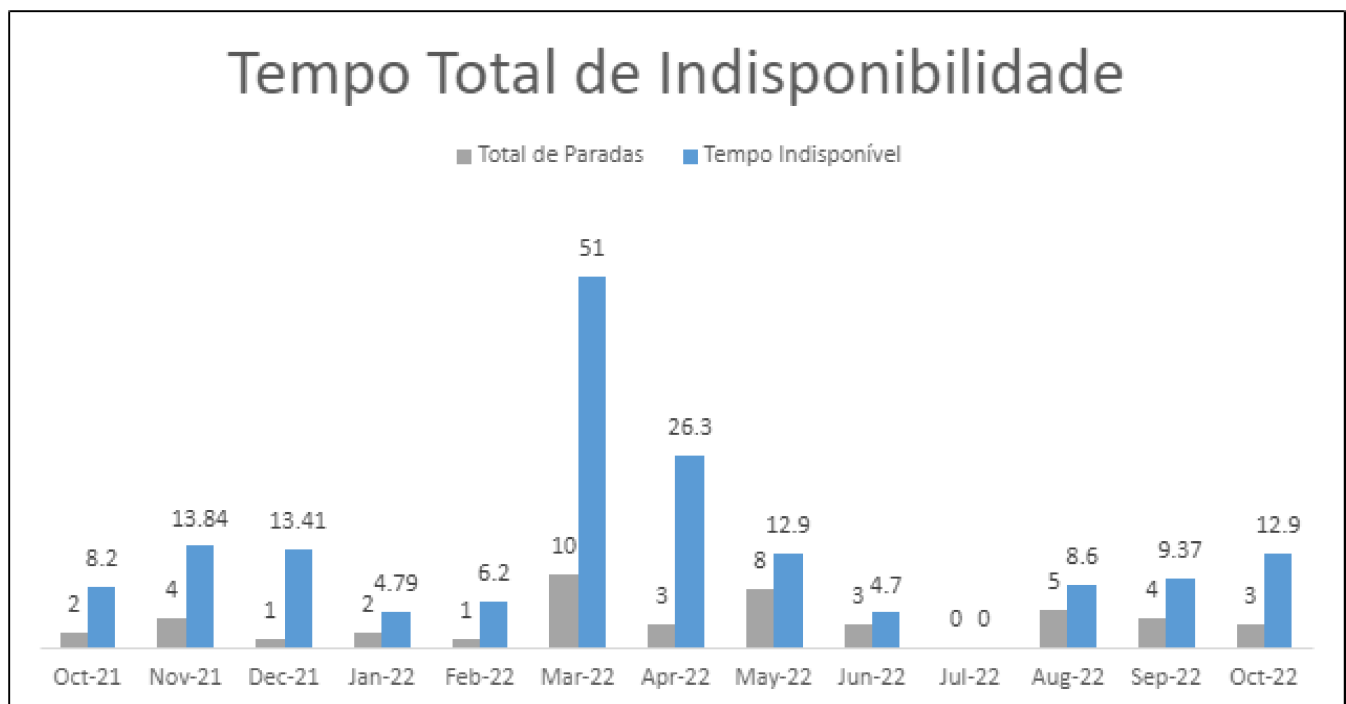


Fig. 103 – Tempo total de indisponibilidade [Autoria própria].

REFERÊNCIAS

- [1] ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Especificações brasileiras para Cimentos Portland, Folheto Técnico nº1. p. 4, São Paulo, 2018.
- [2] CIA. DE CIMENTO ITAMBÉ, “Cimento: fabricação e características”. Material interno. Curitiba: Itambé, 2002.
- [3] EUROPEAN COMMISSION. Production of Cement , Lime and Magnesium Oxide. European Commission.p. 35–45, 2013.
- [4] FLSmith – Vertical Raw mill
<<https://www.zkg.de/imgs/1/4/3/4/0/9/1/408a1e4fc2ad9566.jpeg>>
Acesso em: 11, Novembro 2022.
- [5] Great-Wall Machinery Corporation - CHAENG Vertical Raw Mill
<<http://www.great-wall.co/products/vertical-roller-mill/vertical-raw-mill.html#.Y25Q5HbMKU1>> Acesso em: 11, Novembro 2022.
- [6] L.SILEVIRA E W. LIMA – Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial
<https://dca.ufm.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_13.pdf> Acesso em: 27, Novembro 2022.
- [7] SÓ HÉLICES - O que é Automação Industrial?
<<http://sohelices.com.br/voce-sabe-o-que-significa-automacao-industrial/>> Acesso em: 27, Novembro 2022.