



Artigo

Manutenção avançada em forno rotativo w-01: Um olhar aplicado.

Francisco de Assis Monteiro de Souza ^[1] Jackson de Brito Simões [2]

^[1] Universidade Federal Rural do Semiárido-UFERSA; discente; eng.mecanico.assis@hotmail.com

^[2] Universidade Federal Rural do Semiárido-UFERSA; docente; jackson.simoes@ufersa.edu.br

Recebido: 25/04/2024;

Aceito: 13/06/2024;

Publicado: 30/06/2024;

Resumo: A indústria cimenteira no Brasil teve um grande crescimento, diante da implantação das políticas públicas nos últimos anos. Neste sentido, é necessário investir em otimizar seus processos produtivos, buscando novas tecnologias e priorizar as práticas de manutenção em seus equipamentos e principalmente em seus fornos, que corresponde a um dos principais equipamentos para a indústria do cimento. A presente pesquisa visou apresentar os processos de manutenção aplicados ao Forno da fábrica em uma empresa de cimento do município de Mossoró-RN. Tendo como objetivo principal, descrever os procedimentos de manutenção que são realizados no equipamento da empresa. Trata-se de um estudo de caso que tem como intenção proporcionar respostas aos problemas que são propostos. Optou-se por utilizar a abordagem qualitativa como procedimento metodológico. Os dados foram coletados por meio de pesquisa bibliográfica e documental disponibilizados pela equipe técnica da empresa, desde que não a identificasse. O Forno utilizado é um Forno Rotativo W-01, com capacidade de produzir 1200 t/dia de clínquer, que funciona 24h. O fato da empresa em questão, adotar pilares baseados na manutenção em seu planejamento estratégico operacional, oportuniza a identificação de possíveis problemas e falhas, que podem ser previamente detectadas por protocolos baseados na manutenção preditiva. Evidenciou-se, que os princípios das manutenções: preditiva, proativa, preventiva, planejada e a autônoma são realizados a fim de manter os níveis adequados e consequentemente competitivos o equipamento em questão.

Palavras-chave: Manutenção; preditiva; protocolos.

Abstract: The cement industry in Brazil has experienced great growth, due to the implementation of public policies in recent years. In this sense, it is necessary to invest in optimizing your production processes, seeking new technologies and prioritizing maintenance practices in your equipment and especially in your furnaces, which correspond to one of the main equipment for the cement industry. This research aims to present the maintenance processes applied to the factory's furnace in a cement company in the city of Mossoró-RN. The main objective is to describe the maintenance procedures that are carried out on the company's equipment. This is a case study that aims to provide answers to the problems that are proposed. It was decided to use a qualitative approach as a methodological procedure. The data was found through bibliographic and documentary research made available by the company's technical team, as long as they are not identified. The Kiln used is a W-01 Rotary Kiln, with a production capacity of 1200 t/day of clinker, which operates 24 hours a day. The fact that the company in question adopts pillars based on maintenance in its strategic operational planning provides the opportunity to identify possible problems and failures, which can be previously blocked by protocols based on predictive maintenance. It was evident that the principles of maintenance: predictive, proactive, preventive, planned and audit are carried out in order to maintain adequate levels and consequently competitiveness of the equipment in question.

Key-words: Maintenance; predictive; protocols.

1. INTRODUÇÃO

A indústria cimenteira no Brasil teve um grande crescimento, diante da implantação das políticas públicas nos últimos anos, tais como os Programas Minha Casa, Minha Vida, construção de barragens e rodovias, o que demandou uma maior procura por concreto e consequentemente por cimento. Diante deste cenário as

indústrias estão sempre buscando melhorias em seus processos produtivos, a fim de reduzir custos, bem como aumentar a sua margem de eficiência e lucratividade, visando se manter competitivos no mercado, apresentando um produto com qualidade e em um menor custo. Neste sentido, é necessário investir em otimizar seus processos produtivos, buscando novas tecnologias e priorizar as práticas de manutenção em seus equipamentos e principalmente em seus fornos, que corresponde a um dos principais equipamentos para a indústria do cimento. Para Pereira (2017), as organizações precisam ser competitivas para superarem as variações do mercado e o comportamento mais adequado à atividade de manutenção é o máximo comprometimento em obter resultados melhores por meio de um planejamento da atividade.

Segundo Oliveira (2022), por muito tempo, manutenção foi considerado um “mal necessário”, pois considerava-se que manter era desembolsar montantes de dinheiro para corrigir falhas o que acarretava paradas nos processos produtivos. Atualmente, esta visão limitada quanto a manutenção já é vista como sendo um processo necessário e estratégico e que deve ser pautado pela alta direção, principalmente no sentido de não correr o risco de falhas e acidentes que podem comprometer a imagem da empresa e seus investidores.

Neste sentido, a pesquisa visa apresentar o estudo de caso referente aos processos de manutenção aplicados ao Forno da fábrica em uma empresa de cimento localizada no município de Mossoró-RN. Como objetivos específicos, a presente pesquisa visa descrever os procedimentos de manutenção que são realizados no equipamento da empresa. Além de avaliar os procedimentos preventivos realizados no Forno. E por fim, levantar os principais problemas apresentados no equipamento da fábrica indicando as possíveis soluções ou encaminhamentos com base nas manutenções preventivas e corretivas do equipamento objeto de estudo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi baseada em Gil (2002) quando define pesquisa como um procedimento racional e sistemático que tem como intenção proporcionar respostas aos problemas que são propostos, sendo desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis, somado à utilização cuidadosa dos métodos, técnicas, assim como demais procedimentos científicos, se envolvendo por várias etapas, desde a formulação do problema até a apresentação dos resultados encontrados.

Optou-se por utilizar a abordagem qualitativa através do procedimento metodológico do estudo de caso. Tendo em vista que os assuntos, motivos e valores explorados durante a pesquisa, visa buscar investigar as atitudes e práticas de manutenção em um forno rotativo utilizadas em uma empresa de cimento na cidade de Mossoró-RN. Os dados foram coletados por meio de pesquisa bibliográfica e documental disponibilizados pela equipe técnica da empresa, desde que não a identificasse. Neste sentido, o estudo se desenvolveu por meio de estudo de caso, para a identificação e levantamento das práticas de manutenção realizadas no equipamento da empresa objeto de estudo, a fim de se levantar os objetivos propostos na pesquisa.

3. RESULTADOS

Diante das pesquisas bibliográficas e documental disponibilizados pela empresa de cimento, foi possível realizar um levantamento geral a respeito dos tipos de manutenções que são realizadas na empresa. Zaniboni (2023), em seus estudos apontou que a produção de cimento envolve a extração e o esgotamento de matérias-primas, principalmente calcário e argila. Esse material é misturado com outros materiais, tais como minério de ferro e em seguida essa farinha é introduzida em grandes fornos cilíndricos e aquecida a cerca de 1450°C. Produzindo o que se conhece por Clínquer. Para cada tipo de cimento um forno pode ser pré-estabelecido. No caso da empresa objeto de estudo o forno utilizado é um Forno Rotativo W-01, com capacidade de produzir 1200 t/dia de clínquer, que funciona 24h por dia, todos os dias da semana (Figura 1).



FIGURA 1. Forno Rotativo 2023 (autoria própria).

O forno é considerado o equipamento mais importante no processo de fabricação do cimento, nele acontece as reações termoquímicas necessárias para a formação do Clínquer.

A Figura 2, está apresentada em um dos manuais da fábrica, e ilustra os componentes do equipamento da empresa.

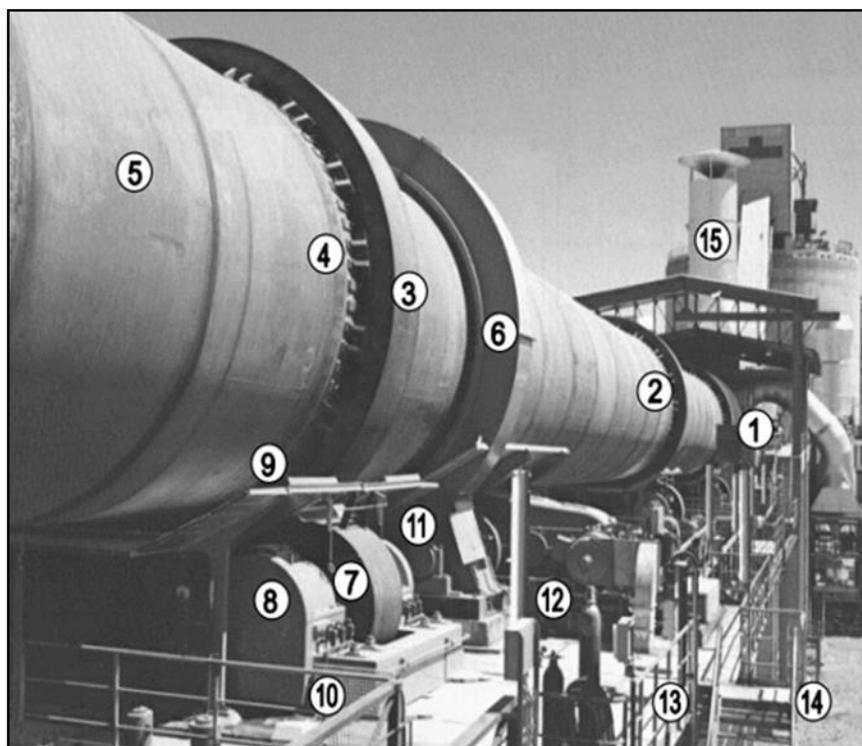


FIGURA 2. Componentes do Forno Rotativo W-01 (Manual de Operação Fábrica)

A Figura 2, aponta os principais elementos do forno rotativo, sendo eles: 1ª Base de Apoio, Anel Giratório 1 da 1ª Base de Apoio; o Anel Giratório 2 da 2ª Base de Apoio; o Anel Giratório 3 da 3ª Base de Apoio; as Sapatas de Apoio 4 do Anel Giratório 3; o Corpo do Forno 5; o Envelope de Proteção 6 da Coroa do Forno; o Rolo de Apoio 7 do Anel Giratório 3; o Mancal 8 do Rolo de Apoio 7; a Cobertura 9 de proteção dos Mancais dos Rolos de Apoio; a Base 10 de fixação dos Mancais dos Rolos de Apoio, o Mancal Superior 11 do Pinhão do Forno; o Acionamento 12 do Forno; a Passarela para Manutenção 13; a Escada 14 de acesso à Passarela 13, e Finalmente o Chaminé 15 do Resfriador de Clínquer.

De maneira geral, o processo para o funcionamento do Forno Rotativo, segundo os manuais da fábrica de cimento, começa pela entrada da Farinha na sua Ponta Alta, com temperatura em torno de 850° C à 900° C, a qual, a partir deste momento, fica submetida a ação simultânea de três fatores: a gravidade, a rotação e a inclinação do Forno, os quais provocam sua lenta progressão na direção da Ponta Baixa, em sentido contrário ao deslocamento dos gases da combustão; de modo que, sua temperatura vai aumentando continuamente até atingir os 1400° C, já na zona de Cliquerização, onde transforma-se em Clínquer e sai para o resfriamento posterior.

Por se tratar do principal equipamento desse tipo de indústria, o forno detém uma grande atenção no que se refere aos cuidados de manutenção. Considerando que as práticas de manutenção existem há bastante tempo, conforme Bastos (2023) apud Wyrebski (1997) aponta em seus estudos, quando dizem que teve origem no meio militar e significa “manter”, referindo-se à manutenção de mão de obra e provisões nas unidades de combate. E que por conta da mecanização de muitos processos no pós-guerra a manutenção tornou-se uma função essencial e uma forma de vantagem competitiva frente as indústrias.

O ato de realizar manutenção, tornou-se estratégico e fundamental. A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 5462 (1994), define manutenção como as ações que envolve todas as medidas técnicas e administrativas destinadas a manter ou substituir um objeto, garantindo seu desempenho adequado. A manutenção abrange os conceitos de prevenção e correção. Para um melhor entendimento, trazemos algumas definições a respeito.

Para Lott (2022) apud Nunes (2019) a manutenção corretiva é todo o trabalho de manutenção feito em seguida de uma falha de um equipamento, tendo em vista restabelecê-lo à sua função requerida, eliminando a falha. Para a NBR 5462 a manutenção corretiva é definida como “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a colocar um item em condições de executar uma função requerida”. Não é a mais indicada para ser adotada, uma vez que preconiza o conserto após a pane no equipamento, podendo acarretar paradas e conseqüentemente em prejuízos a empresa.

Slack et al. (2002, p. 625) “significa deixar as instalações seguirem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é feito só após a quebra do equipamento ter ocorrido [...]”. É considerada um dos tipos de manutenção mais caros, por conta, que o equipamento teve que sofrer uma pane para que a manutenção tivesse ocorrido, e conseqüentemente o processo produtivo é paralisado até que a manutenção seja realizada.

A manutenção preventiva é realizada em intervalos predeterminados e tem como objetivo reduzir a probabilidade de falhas ou degradação do funcionamento de um item (ABNT NBR5462, 1994).

No estabelecimento dos intervalos de tempo para a manutenção preventiva, é comum adotar uma abordagem conservadora, resultando em intervalos mais curtos do que o necessário, o que pode levar a interrupções e substituições de peças desnecessárias (Xavier, 2010).

É considerada uma manutenção cara, mas não tão cara quanto a corretiva. É aquela manutenção, realizada periodicamente, devendo ser uma das principais atividades de manutenção em qualquer empresa. Segundo Lott (2022) a manutenção preventiva deve abranger algumas tarefas sistemáticas, entre elas estão as inspeções, reformas, trocas de peças, principalmente.

A manutenção preditiva, também conhecida como manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento, busca prever o estado futuro de um equipamento ou sistema por meio da análise de dados coletados ao longo do tempo (Teles, 2019).

Para Oliveira (2023) apud Kardec e Nascif (2002), é a manutenção realizada com base na modificação de parâmetro de condição ou desempenho do equipamento, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Para Pereira (2017), tão importante quanto a substituição de peças em situações de falha e a identificação da causa da pane. Caso isso não ocorra, é fadada a sempre estar substituindo equipamentos ou peças até se descobrir a falha.

Para o autor as inspeções frequentes dos equipamentos, realizadas por um funcionário com o objetivo de estipular a ocorrência de possíveis falhas nos equipamentos ou sistemas, por meio de acompanhamento dos diversos parâmetros, permite, que os equipamentos operem até o limite de tempo que precede a falha e, deste modo, acarrete a uma garantia de maior disponibilidade de operação.

Durante a pesquisa documental, identificou-se que a fábrica de cimento, realiza uma parada programada de manutenção por ano. Neste momento é programado realizar todos os testes, verificações, bem como manutenções programados durante o ano. O planejamento para a realização desse tipo de parada é programado devido ao alto custo em parar o processo produtivo e do custo hora/homem que não estão produzindo/trabalhando durante esse período que está acontecendo a parada.

Neste sentido, é muito importante que uma equipe de engenharia de manutenção e controle estejam monitorando os principais pontos do forno. O modelo de gestão de monitoramento realizado na fábrica de cimento objeto de estudo, classifica as atividades de manutenção por pilares. O primeiro pilar de manutenção avançada, é a manutenção preditiva, que toma como base dados e análises para prever falhas e programar manutenção:

- Scanner: utilizado para monitoramento das temperaturas no casco do forno. Este monitoramento é feito em tempo real. É mostrado para o operador do forno 24 horas por dia o gradiente de temperatura de cada parte do forno. Caso haja temperatura elevada, indicará queda de refratário no local. A equipe de operação poderá realizar algumas medidas de urgência, como direcionar ventiladores externos localizados nos pontos quentes, e outras medidas para criação de colagem. Caso não consiga reverter o ponto quente, será necessária uma parada para evitar ovalização e outros danos ao casco do forno.
- Medidores de pressão: utilizado para indicar pressão de injeção de combustível; pressão de exaustão dos gases, pressão do passeio hidráulico do forno, diferencial de pressão em filtro de mangas que indica mangas colmatadas, entre outros;
- Analisador de Gás: para monitoramento de Nox, CO, CO₂, O₂ entre outros. Para evitar picos de gases na linha, e possíveis riscos de explosões no eletrofiltro ou filtro híbrido.
- Sensores de temperatura: utilizado para monitoramento de temperatura nos mancais do forno, caso a temperatura se eleve, poderá indicar possível atrito entre os componentes, falta de lubrificante, necessidade de alinhamento do forno entre outros. Necessário a utilização destes sensores para monitoramento da temperatura de pré-aquecimento da farinha pela torre intercambiadora. Geralmente a farinha (calcário após processo de britagem e moagem), entra no forno entre 850°C e 900°C e no final do processo chegando a 1400°C.
- Balanças de precisão: para monitoramento constante de alimentação do forno;
- Monitoramento de rotação: para verificação de rotação do forno. Os fornos trabalham em baixa rotação, geralmente entre 1,5 e 2,5 rpm.
- Sensores de vibração: para monitoramento de vibração (em mm/s), em rotor de exaustão do forno, nos mancais e outros.
- Medição de corrente e velocidades: necessário para monitoramento de velocidades de correias.

O segundo pilar de classificação de monitoramento para manutenção, é o que conhecemos como a Manutenção Proativa, que são ações realizadas para evitar falhas e otimizar o desempenho antes que surjam problemas. Segundo Pereira (2017), esse tipo de manutenção permite um maior controle sobre o equipamento, comparado com os sistemas preventivos ou preditivos, uma vez que é possível conhecer com precisão a causa raiz. Neste caso, é realizado constantemente rotas de inspeções visuais e em alguns casos utilizados equipamentos como pirômetros e câmera termográfica, para análise de alguns pontos importante para o forno.

Além da temperatura, nas rotas de inspeção, são analisados níveis de óleos, pressões e toda estrutura do equipamento. Da manutenção proativa, também conhecida como manutenção de diagnóstico resulta da combinação da manutenção preventiva com a preditiva. O que possibilita levantar potenciais problemas antes de acontecerem e conseqüentemente evitando desgastes ou perdas na produção, por conta de paradas não programadas.

O terceiro pilar, é o que conhecemos como Manutenção Preventiva. Acontece durante a parada de forno programada, que está programada a acontecer uma vez ao ano. É confeccionado um cronograma com um checklist e uma ordem dos serviços das atividades a serem desenvolvidos durante a parada, são levantados os problemas e realizadas as correções necessárias, neste intervalo de interrupção das atividades do forno. Geralmente o tempo de parada de manutenção é alinhado ao tempo de troca de refratário. O tempo médio de parada é de aproximadamente 20 dias, para execução de todas as medidas preventivas na linha do forno.

O quarto pilar aplicado e desenvolvidos pela fábrica, é a manutenção planejada. Aqui é realizado o planejamento eficiente de recursos, tais como: peças e mão de obra. Este pilar é trabalhado paralelamente com a manutenção preventiva. Nas paradas programadas de manutenção, o planejamento já está pronto. Ou seja, todas os materiais e sobressalentes de troca, já estão disponíveis e dentro da unidade fabril para otimização do tempo. A equipe está dividida e com suas atribuições definidas para cada serviço que será executado. O cronograma é projetado no software MS Project. Assim como define Pereira (2017), quando aponta nas formas de gestão, que implantar uma sistemática de trabalho a partir de um software, possibilita a aplicação de técnicas de manutenção de acordo com a necessidades básicas do equipamento.

O quinto pilar, e o último, é o que conhecemos como manutenção autônoma, que associa o envolvimento dos operadores na manutenção básica e monitoramento dos principais pontos. Na fábrica de cimento, tem-se um controle de operadores 24 horas por dia. Uma de suas atividades é o monitoramento constante dos painéis e o aviso instantâneo para a equipe de manutenção caso encontre alguma anormalidade.

Dentre os principais problemas apresentados no equipamento da fábrica em questão, estão: queda de refratário, em casos como esse, por ser uma situação crítica que pode gerar a ovalização do casco do forno, é necessário paralisar o forno imediatamente para a correção, caso o forno não consiga criar colagem neste ponto de queda de refratário. Então, a equipe monitora a temperatura do forno em tempo real com o scanner.

Outro problema recorrente são os desgastes na ponta baixa do forno. Estes são provenientes das altas temperaturas apresentadas no local devido ser o ponto de fonte de calor, onde se localiza maçarico. Portanto, cabe a realização dos protocolos de monitoramento para acompanhar qualquer sinal de aumento de temperatura.

Quando existe algum atrito em algum dos componentes do forno, isso ocasiona um aumento nas temperaturas de mancais, outra causa pode ser o desalinhamento do forno, o que deve ser prontamente investigado e consequentemente mitigado.

Um outro problema que pode ser apresentado é a alta vibração do exaustor, este problema geralmente é ocasionado por conta de alguma colagem no rotor, o que pode desbalancear o equipamento, e neste caso, é necessário que durante a parada programada, seja aberto o envelope para que seja realizado a limpeza e balanceamento do rotor.

4. CONCLUSÃO

Diante dos materiais coletados durante a pesquisa, identificou-se que para evitar a pane e/ou paralisação no funcionamento do forno rotativo da empresa objeto de estudo, são adotadas uma série de ações e princípios adotados pela manutenção avançada que corroboram com o que está previsto nas normas técnicas bem como na literatura especializada.

O fato da empresa em questão, adotar pilares em seu planejamento estratégico operacional, oportuniza a identificação de possíveis problemas e falhas, que podem ser previamente detectadas através dos protocolos baseados na manutenção preditiva.

Evidenciou-se, portanto, que os princípios das manutenções: preditiva, proativa, preventiva, planejada e a autônoma são realizados a fim de manter os níveis adequados e consequentemente competitivos o equipamento em questão. A aplicação das melhores estratégias de manutenção, traz melhorias na previsibilidade e para o planejamento das paradas de manutenção do equipamento, bem como atua como um meio de mitigar/diminuir problemas futuros no equipamento, viabilizando a escolha do melhor período para a realização das paradas programadas, trocas de peças ou itens, entre outros, o que poderia ocasionar em grandes prejuízos financeiros a empresa caso não fossem previstos no planejamento.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos: Deve-se também agradecer qualquer suporte dado que não se encaixe no tipo “financiamento”, o que pode incluir suporte técnico e administrativo, doação de materiais etc.

Agradecer a empresa que disponibilizou os materiais bibliográficos, documentais e técnicos para a realização deste estudo de caso.

Agradecer a Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA, mais especificamente ao corpo docente da Pós-Graduação em Engenharia de Manutenção, por contribuírem com os conhecimentos técnicos e consequentemente em minha formação.

REFERÊNCIAS

- [1] GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (1994). *Confiabilidade e Manutenibilidade – Terminologia*, NBR 5462. Rio de Janeiro.
- [3] Xavier, J. (2010). Indicadores de Manutenção. Disponível online: http://www.univasf.edu.br/~castro.silva/disciplinas/MAN/indicadores_manutencao.pdf (acesso em 15/05/2024).
- [4] Teles, J. (2019). *Bíblia do RCM – O guia completo e definitivo da Manutenção Centrada na Confiabilidade da era de indústria 4.0*. Brasília: Engeteles
- [5] SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 2002. 703 p.
- [6] LOTT, Thiago Holanda. *Propostas de contribuições da engenharia de confiabilidade para a manutenção de um forno secador de uma empresa do setor de mineração*. 2022.
- [7] PEREIRA, Mário Jorge da Silva. *Técnicas avançadas de manutenção*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2010.