

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA  
MBA EM GESTÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS**

**ALISSON CAMILO STOCO**

**SISTEMA ESPECIALISTA APLICADO À FABRICAÇÃO DE  
CIMENTO**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2023**

**ALISSON CAMILO STOCO**

**SISTEMA ESPECIALISTA APLICADO À FABRICAÇÃO DE  
CIMENTO**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Processos Industriais do Curso de Especialização MBA em Gestão de Processos Industriais do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Msc. Daniel Baleiro Silva

**CURITIBA**

**2023**



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### SISTEMA ESPECIALISTA APLICADO À FABRICAÇÃO DE CIMENTO

POR

**ALISSON CAMILO STOCO**

monografia foi apresentada às **19h00** do dia **03 de Maio de 2023** como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Gestão de Processos Industriais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **Aprovado**. (aprovado, aprovado com restrições, ou reprovado).

---

Prof<sup>(a)</sup>. Msc, Daniel Balieiro Silva

---

Prof<sup>(a)</sup>. Msc José da Silva Maia

---

Prof<sup>(a)</sup>. Dr. Walter Denis Cruz Sanchez

Visto da coordenação:

---

Prof. Msc. Daniel Balieiro Silva

O documento original encontra-se arquivado na Coordenação do Curso no Departamento Acadêmico de Eletrotécnica.

Dedico esse trabalho à minha  
família e ao corpo docente do  
curso que tanto me apoiou para o  
sucesso desta etapa.

## **AGRADECIMENTOS**

É com grande satisfação que apresento minha monografia, resultado de um trabalho intenso e dedicado que contou com o apoio de diversas pessoas.

Em primeiro lugar agradeço o professor Daniel Balieiro, por sua paciência, apoio e valiosos conselhos durante todo o processo de estudos.

Não poderia deixar de agradecer à minha família, que sempre esteve presente em todos os momentos, me dando amor e apoio principalmente aos finais de semana.

Por fim agradeço aos professores do curso que mesmo com as adversidades se propuseram a nos passar conhecimento.

“A persistência é o menor caminho do êxito”  
Charles chapelin

## RESUMO

Stoco, Alisson Camilo. SISTEMA ESPECIALISTA APLICADO À FABRICAÇÃO DE CIMENTO.2023. Monografia (MBA em Gestão de Processos Industriais - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2023.

Os sistemas especialistas são ferramentas de inteligência artificial que simulam a tomada de decisão de um controlador humano em determinada área de conhecimento. Na indústria de cimento, eles são aplicados para otimizar o processo produtivo, monitorar a qualidade do produto final e identificar possíveis problemas. Eles podem analisar uma grande quantidade de dados e informações específicas do processo produtivo, permitindo uma tomada de decisão mais rápida e precisa. Com isso os sistemas especialistas contribuem para a melhoria da eficiência e qualidade do processo produtivo, tornando a indústria de cimento mais competitiva e eficiente.

**Palavras-chave:** sistema especialista. indústria de cimento. otimização

## **ABSTRACT**

Stoco, Alisson Camilo. EXPERT SYSTEM APPLIED AT CEMENT MANUFACTURING. Monograph (MBA in Industrial Process Management - Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2023).

Expert systems are artificial intelligence tools that simulate the decisions-making process of a human expert in a specific area of knowledge. In the cement industry, they are used to optimize the production process, monitor the quality of final product, and identify possible problems. They can analyze a large amount of data and specific information from the production process, allowing for faster and more accurate decision-making. Expert systems contribute to improving the efficiency and quality of the production process, making the cement industry more competitive and efficient.

Keywords: expert system. cement industry. optimization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma de processo de produção de cimento .....	14
Figura 2- Otimização de processo .....	15
Figura 3- Matriz de operação do sistema Pavilion .....	16
Figura 4- Esquema de funcionamento do Pavilion8 mpc .....	17
Figura 5- Exemplo de Ruleblock.....	18

## LISTA DE SIGLAS

C2S	Silicato dicálcico
C3S	Silicato tricalcico
C4AF	Ferroaluminatotetracácico
MV	Variáveis manipuláveis
CV	Variáveis de controle
DV	Variáveis de distúrbio

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 Funcionamento do sistema .....	12
1.1.1 Processo de implantação.....	12
1.2 Processo de produção de cimento.....	13
Fonte: FARENZENA, 1995 .....	14
1.3 Objetivo .....	14
<b>2 SISTEMAS ESPECIALISTAS.....</b>	<b>15</b>
2.1 Sistema Expert Optimizer ABB .....	15
2.2 Sistema Pavilion8 da Rockwell .....	16
2.3 Princípio de funcionamento.....	17
2.3.1 Valor normalizado e gradiente.....	17
2.3.2 Blocos de regras.....	17
2.3.3 Funções de controle .....	18
2.3.3.1 Fornos .....	19
2.3.3.2 Moinhos verticais.....	20
2.4 Vantagens da implementação do sistema especialista.....	20
2.5 Desvantagens da implementação.....	20
2.6 Estudo de caso .....	21
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>24</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria de cimento é uma das principais áreas da indústria da construção civil, responsável pela produção de um dos principais componentes para a fabricação de concreto, argamassa e outros materiais utilizados em obras civis. Neste contexto, a utilização de tecnologias avançadas, como sistemas especialistas, pode trazer benefícios significativos para as empresas do setor, proporcionando maior eficiência, qualidade e redução de custos.

Segundo (FEIGENBAUM, 1977) Sistemas Especialistas são sistemas que solucionam problemas que, normalmente, apenas pessoas especialistas conseguem resolver. São programas de computador que solucionam problemas na indústria a partir de conhecimento adquirido imitando a operação de um especialista. No caso da indústria de cimento, esses sistemas podem ser utilizados para otimizar processos produtivos, controlar a qualidade dos produtos, gerenciar a manutenção de equipamentos e oferecer suporte a tomada de decisões.

A aplicação de sistemas especialistas na indústria de cimento tem se mostrado uma alternativa viável para aprimorar a eficiência dos processos produtivos, reduzir custos de produção e aumentar a qualidade de produtos finais. Dessa forma, a utilização de sistemas especialistas tem sido considerada uma importante ferramenta para a competitividade das empresas do setor, possibilitando a melhoria da produtividade.

### 1.1 Funcionamento do sistema

Os sistemas especialistas possuem: (i) um banco de conhecimento que contém fatos, regras e padrões;(ii) um dispositivo de inferência capaz de tomar decisões;(iii) uma linguagem no qual as regras são escritas;(iv) um organizador que inclui um dispositivo de inferência, o gerenciador da base de conhecimento e as interfaces de usuários (Nikolopoulos, 1997; Rabuske, 1995)

#### 1.1.1 Processo de implantação

Primeiramente são coletados dados da planta utilizando step tests. Estes testes constituem de alterar apenas uma variável do processo e manter as outras variáveis estáveis para saber qual o efeito que isto pode causar no processo. Em seguida são elaboradas modelagens e atribuído peso para cada uma das variáveis.

Após esta primeira etapa é feita a instalação do software e é realizado o acompanhamento para ajustes finos de lógica, pesos e eficácia.

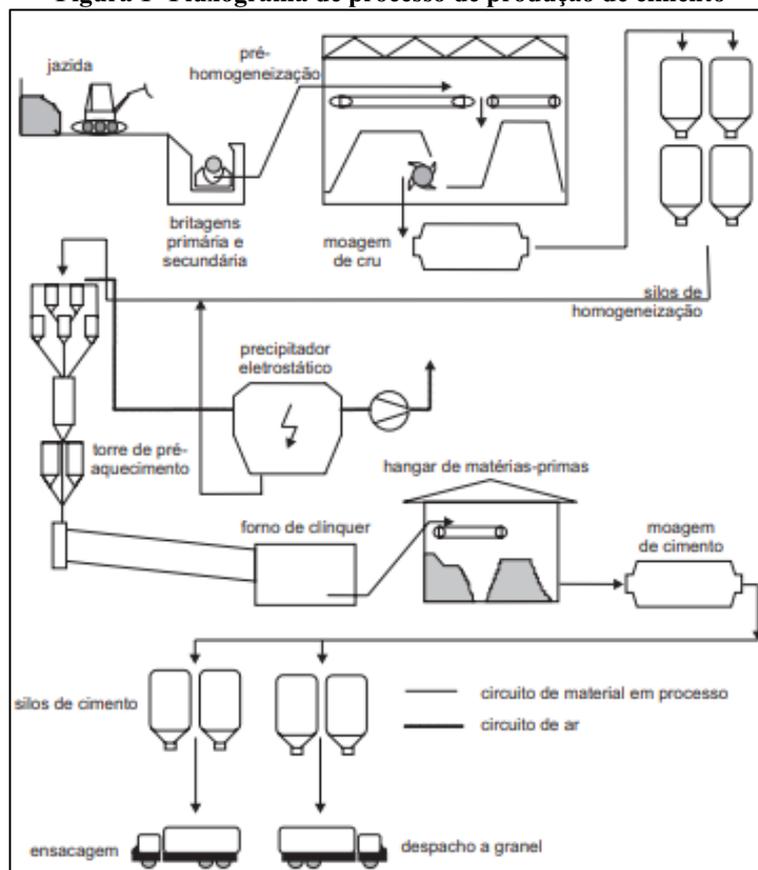
O sistema pode ter ainda pré-sets já estipulados de acordo com a experiência do fornecedor e utilizando da lógica fuzzy o sistema é instalado e controla o processo por meio de set-points estabelecidos variando nas variáveis de controle com valores pré-determinados de limites.

## 1.2 Processo de produção de cimento

O processo de fabricação de cimento pode ser dividido nas seguintes etapas:

- **Mineração:** Materiais como argila e calcário são extraídos e encaminhados a pilha de pré-homogeneização que tem fatores físico-químicos controlados como FSC.
- **Moagem de cru:** Em moinhos tubulares de bolas ou verticais de rolos, os materiais provenientes da pilha de pré-homogeneização são misturados com minério de ferro e quartzito atingindo parâmetros de qualidade com base nos fatores da farinha FSC, MS e MA. Este material segue então para um silo de homogeneização.
- **Clinquerização:** a farinha é alimentada na torre de pré-aquecimento onde vem trocando calor em cada etapa e realizando o processo de decarbonatação, assim na entrada do forno a farinha já está a uma temperatura em torno de 900° C. No forno a temperatura chega a 1450° C permitindo a formação de componentes como C3S, C4AF e C2S, após a passagem pelo forno o clínquer é resfriado em um equipamento chamado resfriador e então segue para estocagem.
- **Moagem de cimento:** nos moinhos verticais ou horizontais de bola o clínquer é misturado a gesso, calcário filler, cinzas ou escória de alto forno. A dosagem de cada componente permite a produção de diferentes tipos de cimento que garantem aplicações diversas.

Figura 1- Fluxograma de processo de produção de cimento



Fonte: FARENZENA, 1995

### 1.3 Objetivo

Para (ARARIBOIA, 1988) a inteligência artificial é um campo que usa técnicas de programação que procuram, por intermédio de máquinas, resolver problemas do mesmo modo que um ser humano os resolveria.

Segundo a (Rockwell, 2023) seu sistema especialista Pavilion pode reduzir em 5% o consumo de energia específica e reduzir a variabilidade do processo em 50%, porém a implantação de um sistema desse não é barato, e pode conter algumas desvantagens.

Neste contexto é necessário analisar as tecnologias disponíveis atualmente e averiguar as vantagens e desvantagens de suas aplicações na fabricação de cimento.

## 2 SISTEMAS ESPECIALISTAS

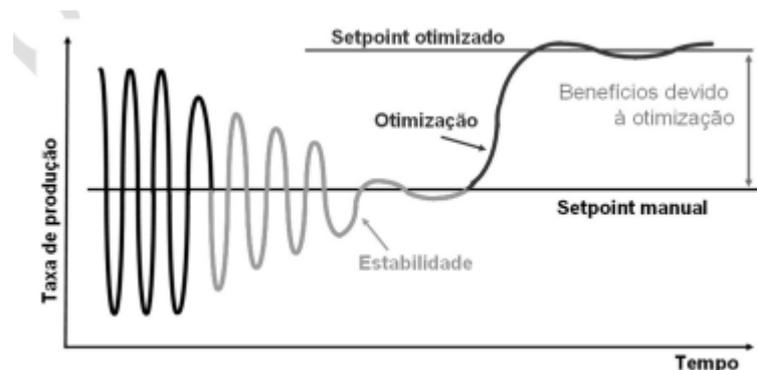
### 2.1 Sistema Expert Optimizer ABB

A tecnologia do Expert Optimizer, a qual continua a excelência do sistema Linkman, é baseada em um sistema computacional voltado para o controle, estabilidade e otimização de processos industriais. O seu sucesso é resultado da aplicação customizada em cada sistema de controle, levando-se em conta fatores operacionais e econômicos, de modo a se obter a sistematização da produtividade bem como a melhora de resultado com menores gastos operacionais (ASEA BROWN BOVERI LTDA, 2020).

O Expert Optimizer possibilita a aplicação de melhor estratégia de controle ininterruptamente. Isto acarreta na redução de variabilidade do processo, mantendo-o em patamares ótimos de produção, conduzido por aspectos econômicos ou qualquer outra prioridade desejada, como máxima taxa de alimentação, menor temperatura de queima em um forno, controle de adição de aditivos, dentre outros fatores (ASEA BROWN BOVERI LTDA, 2020).

Este fenômeno pode ser visualizado na figura abaixo, a qual demonstra o modo de operação do Expert Optimizer no processo (ASEA BROWN BOVERI LTDA, 2020).

**Figura 2- Otimização de processo**



FONTE: Proposta ABB, 2020

O sistema da ABB utiliza da lógica fuzzy ou lógica MPC nas estratégias de controle para permitir o controle efetivo do processo. O sistema contém técnicas de controle avançado disponíveis para melhor atuar em cada situação, tais como lógicas multivariáveis que manipula vários atuadores simultaneamente se baseando em uma série de informações ao mesmo tempo e em tempo real (ASEA BROWN BOVERI LTDA, 2020).

## 2.2 Sistema Pavilion8 da Rockwell

A tecnologia MPC (controle de modelagem preditiva) Pavilion8 da Rockwell Automation é uma camada de inteligência sobre os sistemas de automação que continuamente conduz as fabricas a alcançar os objetivos de negócios- redução de custos, diminuição de emissões, qualidade consistente e aumento de produção em tempo real (Rockwell, 2023).

A ferramenta pode ser implementada em linhas de forno de fabricação de clínquer (fornos rotativos e resfriadores), moagem de cru, moagem de combustíveis e moagem de cimento.

Seu sistema é dividido em variáveis de controle (CVs), variáveis manipuláveis (MVs) e variáveis de distúrbio (DVs). As CVs são variáveis que o sistema mantém em um alvo ou em limites de máximo e mínimo. As MVs são tipicamente os setpoints e as DVs são as variáveis que influenciam as CVs, mas não são ajustáveis pelo controlador. Ele identifica as dinâmicas de relacionamento entre os modelos MVs e CVs ou DVs e CVs formando um modelo de matriz multivariável que simula a resposta real do processo.

**Figura 3- Matriz de operação do sistema Pavilion**

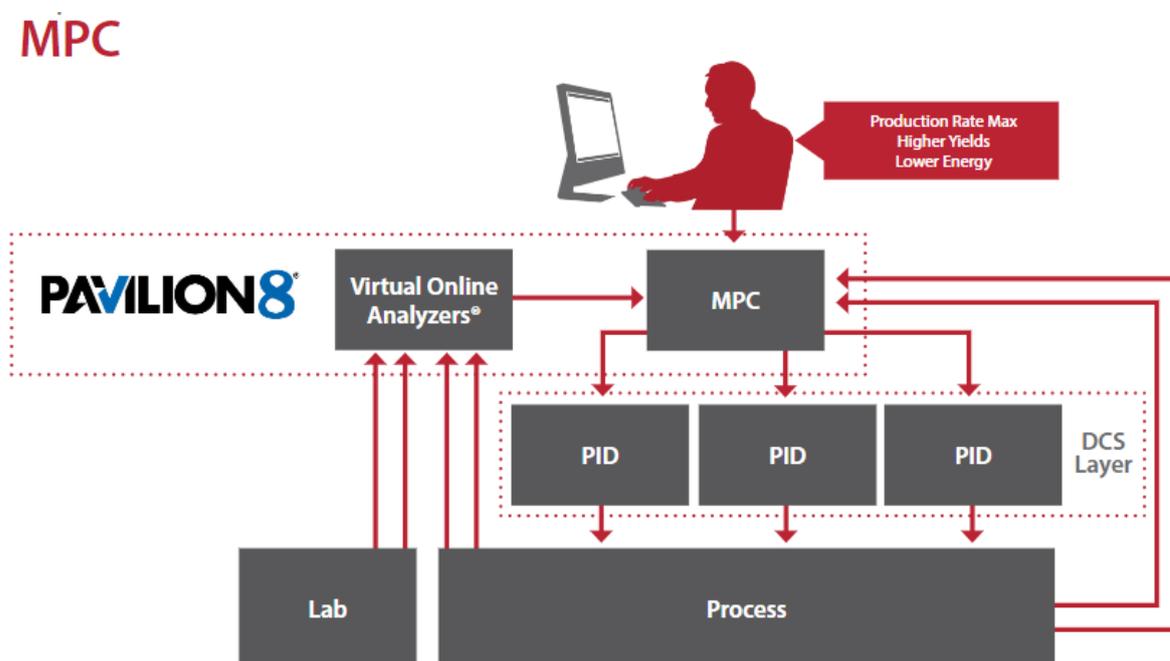
	CV1	CV2	CV3
MV1			
MV2	NO MODEL		NO MODEL
MV3			
DV1			
DV2			NO MODEL

Fonte: Rockwell automation 2017

## 2.3 Princípio de funcionamento

Os sinais de monitoração das variáveis são adquiridos e passados a um conjunto de regras e procedimentos operacionais de condução do processo que tomam as decisões enviando os setpoints dos atuadores à planta novamente, emulando as ações que o operador tomaria caso estivesse ele controlando a planta (NASCIMENTO, 1999).

Figura 4- Esquema de funcionamento do Pavilion8 mpc



Fonte: Rockwell automation 2017

### 2.3.1 Valor normalizado e gradiente

Valores normalizados das variáveis de processo podem ser entendidos como os valores ideais. Para estes valores são atribuídos o número zero normalizado que caso esteja acima de zero a variável está acima do objetivo e caso esteja abaixo de zero a variável está abaixo de seu objetivo. Quanto mais longe de zero mais grave é o desvio.

O gradiente de uma variável demonstra a tendência da variável. Quanto maior for o gradiente, maior é a velocidade de variação da variável.

### 2.3.2 Blocos de regras

Segundo (NASCIMENTO, 1999) O bloco de regras visa combinar todas as possibilidades de valores estado (predicado) das variáveis que estão conectados a sua entrada e gerar saídas para cada combinação. Abaixo podemos ver uma combinação típica para um bloco de regras de duas entradas e duas saídas com três valores de estado (Alto, OK e Baixo) para cada variável de entrada, proporcionando 9 regras.

Figura 5- Exemplo de Ruleblock

### **Exemplo de Ruleblock: 2 Entradas e 2 Saídas**

```
SE TEMP FORNO ALTA E O2 ALTO ENTÃO +5% ALIMENTAÇÃO E 0% COMBUSTÍVEL
SE TEMP FORNO ALTA E O2 OK ENTÃO +2.5% ALIMENTAÇÃO E -2.5% COMBUSTÍVEL
SE TEMP FORNO ALTA E O2 BAIXO ENTÃO 0% ALIMENTAÇÃO E -5% COMBUSTÍVEL

SE TEMP FORNO OK E O2 ALTO ENTÃO +2% ALIMENTAÇÃO E 2% COMBUSTÍVEL
SE TEMP FORNO OK E O2 OK ENTÃO 0% ALIMENTAÇÃO E 0% COMBUSTÍVEL
SE TEMP FORNO OK E O2 BAIXO ENTÃO -2% ALIMENTAÇÃO E 0% COMBUSTÍVEL

SE TEMP FORNO BAIXA E O2 ALTO ENTÃO +0% ALIMENTAÇÃO E +5% COMBUSTÍVEL
SE TEMP FORNO BAIXA E O2 OK ENTÃO -2.5% ALIMENTAÇÃO E +2.5% COMBUSTÍVEL
SE TEMP FORNO BAIXA E O2 BAIXO ENTÃO +5% ALIMENTAÇÃO E 0% COMBUSTÍVEL
```

Fonte: Asea Brown Boveri Ltda, 1998

#### 2.3.3 Funções de controle

Podemos combinar o sinal do KW do forno, o sinal do NOx e sinal do pirômetro para confirmarmos o estado do perfil térmico do forno. O operador experiente sabe que em alguns casos uma variável é melhor do que a outra para refletir o estado da temperatura do forno. Pirômetros óticos são bons indicadores quando não há muito pó circulante na zona de queima. KW ou torque do forno são bons indicadores se a zona de queima não estiver tão quente que o clínquer granule e não “pese” tanto para o forno. NOx é um bom indicador quando a combustão é boa não apresentando CO nos gases (NASCIMENTO, 1999).

Para a combinação de variáveis e gerarmos as funções usamos blocos de regras ou fazemos cálculos de proporção simples atribuindo pesos aos valores normalizados e gradientes das variáveis e somando-os em algoritmos de proporção (NASIMENTO, 1999).

Para (NASCIMENTO, 1999) as funções mais utilizadas em processos são:

### 2.3.3.1 Fornos

- BZT (Burning Zone Temperature)- Mostra a temperatura do forno, em valor normalizado de -1 a +1 (Alto, OK e Baixo) combinando ou não os valores normalizados de NOx, torque do forno e Temperatura do material ou Temperatura do Ar Terciário ou Secundário. Em seu cálculo é feita uma proporção entre seu valor normalizado e seu gradiente. Normalmente usa-se um ruleblock para as combinações.
- OX (Kiln Oxygen) - Mostra o ambiente de combustão, em valor normalizado de -1 a +1 (Alto, OK e Baixo), combinando ou não os sinais dos analisadores de oxigênio e analisador de CO da câmara de fumaça se o forno é com Pré Calcificador ou na saída da torre caso seja somente Pré aquecedor. Em seu cálculo é feita uma proporção entre seu valor normalizado e seu gradiente. Normalmente usa-se um ruleblock para as combinações.
- PHOX (Pre Heater Oxygen) - Mostra o ambiente de combustão na torre do Pré Aquecedor, em valor normalizado de -1 a +1 (Alto, OK e Baixo), caso o forno possua um pré calcificador. Combina as análises de gases de oxigênio e CO na saída da torre. Em seu cálculo é feita uma proporção entre seu valor normalizado e seu gradiente. Normalmente usa-se um ruleblock para as combinações.
- PCT (PreCalciner Temperature) - Mostra a temperatura do Pré Calcificador, em valor normalizado de -1 a +1 (Alto, OK e Baixo) , combinando o valor normalizado e gradiente da temperatura do calcificador. Normalmente usa-se somente um algoritmo de proporção para calcular a função com peso grande para o gradiente.
- BET (Back End Temperature) - Mostra a temperatura de saída do Pré Aquecedor, , em valor normalizado de -1 a +1 (Alto, OK e Baixo), combinando o valor normalizado e gradiente da temperatura de saída. Esta função somente é usada em fornos sem Pré Calcificadores. Normalmente usa-se somente um algoritmo de proporção para calcular a função com peso grande para o gradiente.

### 2.3.3.2 Moinhos verticais

System-Load (Carga do Sistema de Moagem) - Mostra o nível de enchimento do sistema de moagem. Combina os sinais de duas sub-funções : Mill-Load (Carga do moinho dada pela combinação do sinal da pressão diferencial do moinho e KW do moinho) e Circulation-Load (Carga Circulante, dada pela combinação do sinal de KW do elevador de reciclo).

## 2.4 VANTAGENS DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA ESPECIALISTA

Vaas & Krogbeumker (1994) relatam uma aplicação de sistema especialista em uma moagem de cimento na Alemanha, em que se obteve um aumento de produtividade de 3,0-3,1% e uma economia de energia de 2,9% após o comissionamento. Nussbaumer (1994) relata um caso no México em que um sistema especialista de otimização de processo de clínquer trouxe aumentos de 1% e 3% na produção diária, redução de 2% e 4% no consumo energético e redução de 12% e 16% na variabilidade dos requisitos de qualidade do clínquer.

A eliminação da instabilidade do processo, provocado por trocas de turnos ou por longos períodos de operação e a capacidade de enxergar várias variáveis simultaneamente trazem diversas vantagens para uma empresa. Quando o processo é estável, é possível prever com mais precisão os resultados e garantir um maior controle sobre a qualidade dos produtos. Além disso, a capacidade de monitorar várias variáveis ao mesmo tempo permite uma análise mais completa e profunda do desempenho do processo, possibilitando a identificação de oportunidades de melhoria e a tomada de decisões mais informadas. Essa melhoria na eficiência e eficácia do processo podem levar a redução de custos, aumento da produtividade e melhoria da satisfação do cliente

## 2.5 DESVANTAGENS DA IMPLEMENTAÇÃO

Apesar de serem úteis em muitas aplicações, eles apresentam algumas desvantagens. Uma delas é que sua eficácia depende da qualidade dos dados e das regras utilizadas. Se estes elementos não forem precisos ou atualizados, as decisões tomadas pelo sistema podem ser equivocadas, o que pode levar a resultados indesejados. Além disso, os sistemas especialistas não são capazes de operar o processo em condições adversas à estabilidade. Por exemplo se

um forno de clínquer esfria devido uma descolada o sistema simplesmente se desliga deixando todas as ações na mão do operador de comando central.

Outra desvantagem é que eles podem ser caros e difíceis de implementar e manter. Desenvolver um sistema especialista requer uma equipe especializada, que inclui engenheiros de software, especialistas em domínio e programadores. E ainda é necessário coletar e organizar grandes quantidades de dados para alimentar o sistema, o que pode ser um processo demorado e trabalhoso. Uma vez implementado o sistema precisa ser atualizado regularmente para manter sua eficácia, o que pode exigir um esforço significativo em termos de tempo e recursos. Como resultado, os sistemas especialistas podem ser inacessíveis para empresas com recursos limitados.

## 2.6 Estudo de caso

Recentemente em uma indústria de cimento localizada no Brasil, foi implementado o software Pavilion8 da empresa Rockwell automation. Os equipamentos que receberam a melhoria foram 2 fornos de clínquer, um resfriador e um moinho de cimento.

Foram seguidas todas as etapas do processo de comissionamento e na sequência o sistema começou a operar, já no início foi observado que o resfriador teve uma melhora significativa com o controle de velocidade das grelhas (controle de camada), onde sempre se observava temperatura elevada causada pela formação de rio vermelho, agora raramente as temperaturas aumentam, isso permite que se aumente a vida útil do equipamento e evite paradas não programadas para a manutenção do mesmo.

Os fornos operam com maior estabilidade, garantindo a maior alimentação possível realizando o controle dos setpoints de dosagem de combustível no pré-calcinador, dosagem de combustível no maçarico principal, velocidade do exaustor do forno, velocidade da rotação do forno, pirômetro e velocidade das grelhas do resfriador. Este controle permite atuar nas variáveis de temperatura da zona de queima e concentração de oxigênio no forno, garantindo qualidade do produto final e maior eficiência no consumo de combustíveis e energia elétrica.

Na moagem de cimento com a ajuda do sistema obteve-se aumento de produtividade e assim consequentemente uma economia de energia. O moinho opera de forma estável sempre buscando a maior alimentação possível controlando as variáveis de retorno de material, pressão diferencial e potência do motor principal.

Esses resultados só são possíveis garantindo que o sistema fique sempre conectado, em torno de 97% do tempo de operação. Para isso os engenheiros do processo sempre ajustam os parâmetros ideais e conversam com os operadores para que o sistema fique fora apenas em momentos de instabilidade.

A empresa já colhe os frutos do investimento, pois conseguiu aumentar o tempo de vida útil de alguns equipamentos e reduziu o gasto com combustíveis e energia elétrica.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Atualmente as indústrias cimenteiras enfrentam desafios causados pelo aumento desenfreado do preço de combustíveis fósseis, com isso há a obrigação de se realizar a otimização do processo e busca por combustíveis alternativos para diminuir o custo com energia térmica.

É neste cenário que entram os sistemas especialistas, responsáveis por melhorar a estabilidade do processo, minimizando ao máximo o consumo de combustíveis e permitindo o aumento da disponibilidade dos equipamentos.

A partir da análise literária e de casos práticos. Os resultados indicam que a utilização dessa tecnologia pode trazer diversos benefícios, como a melhoria da qualidade do produto, a redução de custos operacionais e o aumento da eficiência produtiva. Isso permite a competitividade da empresa no mercado.

Um fator crucial para o sucesso da implementação é a colaboração entre as equipes multidisciplinares. É necessário que os engenheiros, técnicos de automação, programadores e operadores de comando central trabalhem em conjunto para desenvolver soluções que atendam as necessidades da empresa. Além disso, a adoção de um sistema especialista requer uma mudança cultural na empresa, em que a inovação e a tecnologia são valorizadas. É necessário também investir na capacitação dos funcionários para garantir que eles possam operar e manter a tecnologia com eficácia.

Com valores de implementação que podem chegar a 3 milhões de reais os sistemas são possíveis para empresas que possuem recurso disponível, além de tudo é necessário que os dados coletados do processo sejam confiáveis. Para manter a eficácia é necessário manter o sistema atualizado demandando tempo e recursos.

Diante disso para uma empresa que possui recursos a implantação de um sistema especialista em uma indústria de cimento pode trazer diversos benefícios, como a melhoria da qualidade dos produtos, redução do custo operacional e o aumento da eficiência produtiva.

## REFERÊNCIAS

NIKOLOPOULOS, C. expert Systems: New York: Marcel Dekker, Inc., 1997.

FARENZENA, H. Fabricação de cimento Portland. Porto Alegre: Ed. Cimentec, 1995.

ARARIBOIA, G. Inteligência Artificial. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 1988.

Rockwell automation – Pavilion 8. Disponível em:<<https://www.rockwellautomation.com/pt-br/products/software/factorytalk/operationsuite/pavilion8.html> >acesso em 12 abril 2023

VASS, M.; KROGBEUMKER, H. Das mühlenrege-lungssystem MCE bei PhoenixZement in Beckum. ZKG Zement-Kalk-Gips International Forshung-Hertellung-Verwendung, n. 9, 1994, Bauverlag GmbHm Wiesbaden, 1993.

NUSSBAUMER, A. LINKman II: Experience in the Aspaco Group. In: 33<sup>th</sup> Technical meeting/10<sup>th</sup> Aggrgates and Ready-Mixed Concrete Conference. Basel, 1994.

NASCIMENTO, MANOEL A. MORALES DO. Introdução ao Linkman Graphic – 1999 – Osasco, Asea Brown Boveri

FEIGENBAUM, E in HARMON & KING – Expert Systems: Artificial Inteligence in Business – 1985 – New York, Ed Wiley

Proposta comercial sistema expert optimizer -Asea Brown Boveri-2020