

SIESA – SISTEMA ESPECIALISTA DA ACIARIA¹

Sergio Gregório Hermesmeyer Junior²

Ronivaldo José Nunes³

Iérocles Alvim Reis⁴

Resumo

Este trabalho tem por objetivo apresentar a utilização de uma ferramenta de Inteligência Artificial – os sistemas especialistas – na identificação de anomalias em equipamentos e no processo produtivo através do SIESA, um protótipo desenvolvido pela equipe de Manutenção de Controle de Processo de Aciaria da CST Arcelor Brasil.

Palavras-chave: Sistemas especialistas; Diagnóstico; Manutenção preditiva; PIMS.

SIESA – STEELMAKING PLANT’S SPECIALIST SYSTEM

Abstract

This paper has the objective to present the use of an Artificial Intelligence tool – the specialist systems – on the identification of anomalies on equipments and on the productive process using SIESA, a prototype developed by the Steelmaking Plant’s Process Control Maintenance team from CST Arcelor Brasil.

Key-words: Specialist systems; Diagnose; Predictive maintenance, PIMS.

¹ *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

² *Engenheiro de Manutenção de Controle de Processos – CST Arcelor Brasil*

³ *Técnico de Controle de Processo – CST Arcelor Brasil*

⁴ *Técnico de Predição e Inspeção Elétrica – CST Arcelor Brasil*

INTRODUÇÃO

O que hoje se convencionou chamar de Inteligência Artificial é, segundo Barr e Feigenbaum:⁽¹⁾ “a parte da ciência da computação envolvida no projeto de sistemas que exibem características que associamos com inteligência no comportamento humano”. A Inteligência Artificial é composta por um conjunto de técnicas, dentre as quais as mais relevantes são os sistemas especialistas, sistemas baseados na lógica *fuzzy*, sistemas baseados em redes neurais e sistemas baseados em algoritmos genéticos.⁽²⁾

A evolução tecnológica trouxe um crescente aumento na complexidade de plantas industriais e à medida que esta complexidade aumenta, a detecção de situações anormais torna-se cada vez mais complexa. Ela exige a correlação de muitas variáveis e, acima de tudo, depende da experiência dos técnicos e operadores adquirida ao longo da vida profissional. Na manutenção preditiva este conhecimento é perenizado através de padrões, que são utilizados nas rotinas de inspeção. Contudo, as inspeções são realizadas em intervalos de tempo regulares e as falhas ou anomalias podem ocorrer entre estas inspeções.

Neste momento entra a contribuição de uma técnica de inteligência artificial chamada de Sistema Especialista. Esta técnica, segundo Bittencourt,⁽³⁾ tem por objetivo “reproduzir o comportamento de especialistas humanos na resolução de problemas do mundo real”.

A arquitetura básica de um sistema especialista é descrita na Figura 1. A base de conhecimentos é onde estão modeladas as regras do sistema especialista. O motor de inferência é o mecanismo que recebe os dados externos e compara-os com a base de regras para chegar a conclusões e externá-las através de, por exemplo, uma interface homem-máquina.

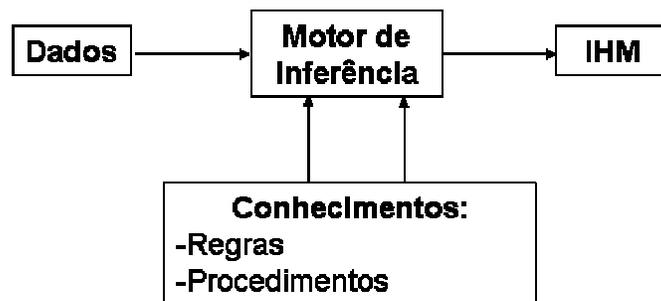


Figura 1 – Arquitetura de um Sistema Especialista

Ocorre que já havia disponível na Aciaria da CST – Arcelor Brasil esta base de dados através de um sistema PIMS (*Plant Information Management System*), que concentra um grande volume de dados de processo e os disponibiliza através de um software cliente ou através do Microsoft Excel. Um sistema especialista que tivesse acesso a estes dados em tempo real e fosse capaz de modelar o conhecimento empírico dos técnicos poderia monitorar uma planta em tempo real e gerar alarmes baseados no conhecimento de várias pessoas, identificando situações como tomadas de pressão entupidas, baixo rendimento de bombas, vazamento em tubulações, entre outras.

Este é o objetivo do SIESA, um protótipo desenvolvido em Microsoft Excel pela equipe de Manutenção de Controle de Processo de Aciaria da CST – Arcelor Brasil e que vem

sendo utilizado para auxiliar o trabalho dos inspetores e identificar situações anormais antes que elas possam causar distúrbios operacionais.

MATERIAL E MÉTODOS

O SIESA foi desenvolvido como macro no Visual Basic embutido no Microsoft Excel. Para a obtenção dos dados do sistema PIMS é utilizado um suplemento ao Microsoft Excel fornecido pela empresa Aspentech, fabricante do sistema PIMS.

DISCUSSÃO

Três módulos compõem o SIESA: criação e modificação de regras, busca de dados e motor de inferência.

Módulo de Criação e Modificação de Regras

O módulo de criação e modificação de regras permite que os usuários registrem suas regras na base de regras através de uma interface gráfica representada na Figura 2.

Cada regra é composta por três partes: informações complementares, definição de variáveis booleanas e lógica. As informações complementares são aquelas que permitem identificar a regra, contendo título, autor, descrição e recomendações a serem tomadas caso ela venha a ser disparada.

A segunda parte da regra é a definição de variáveis booleanas, que é feita através da comparação de variáveis do processo (pressão, temperatura, corrente, vazão, etc.) com constantes ou outras variáveis de processo através das relações maior que (>), menor que (<), igual a (=) e diferente de (≠). Por exemplo, a variável booleana A poderia ser definida como sendo

$A := PT200 > 1,5$

onde PT200 seria o valor indicado por um transmissor de pressão e 1,5 seria a constante, em unidades de engenharia deste transmissor, a ser comparada. Desta forma, A assume os valores VERDADEIRO ou FALSO dependendo da variação de PT200. A Figura 2 também mostra a definição de variáveis booleanas utilizada na interface. Nota-se que a nomenclatura utilizada para as variáveis de processo são as mesmas utilizadas no sistema PIMS. O SIESA permite a criação de até 18 variáveis booleanas.

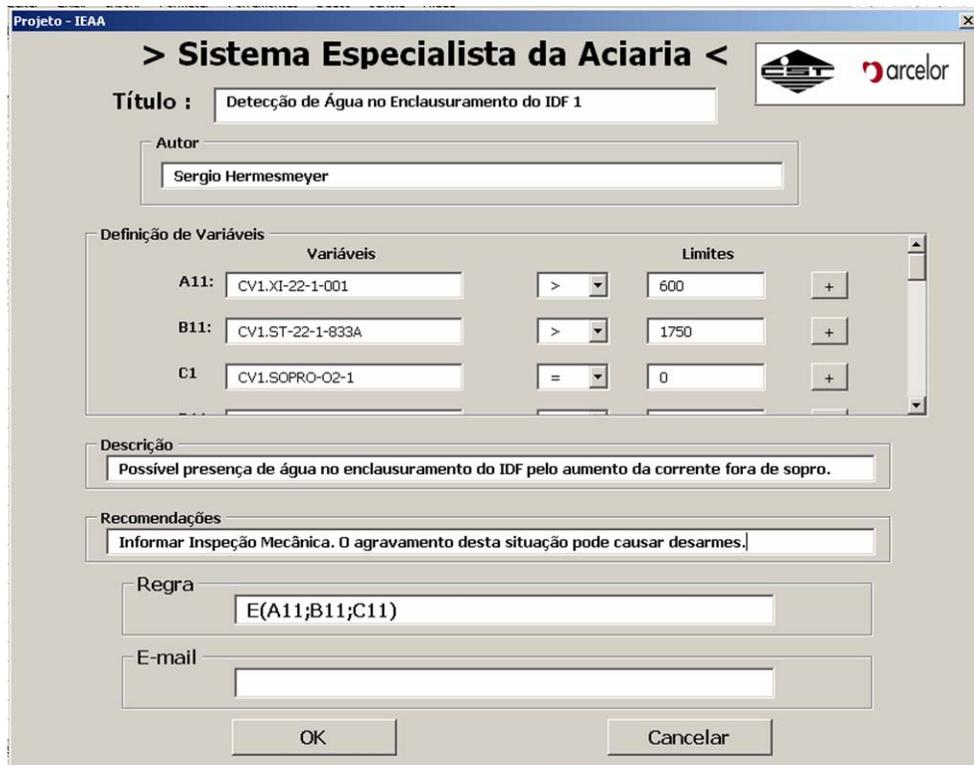


Figura 2 – Interface para criação de regras

Definidas as variáveis booleanas, o próximo passo é a criação da lógica que definirá a relação entre elas. A lógica nada mais é do que a utilização de uma função do Microsoft Excel tendo como entradas as variáveis booleanas definidas. Na prática, utiliza-se apenas as funções E e OU, que podem ser aninhadas de forma a constituir regras bastante complexas. Por exemplo, a lógica representada na Figura 3 seria registrada como:

$$OU(E(A;B);E(C;D);F;G)$$

Sendo A:= válvula = 1 ; B = nível > 2250mm; C:= válvula = 0; D:= nível < 1650mm; F:= nível > 2300mm; G:= nível < 1500mm.

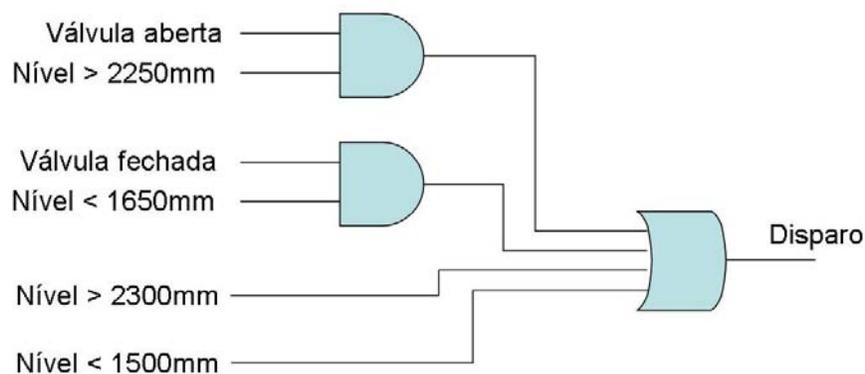


Figura 3 – Exemplo de lógica para disparo de regra

Internamente, as regras ficam armazenadas em uma planilha do Microsoft Excel. Cada regra ocupa uma linha, sendo que as primeiras colunas armazenam uma variável booleana, uma coluna armazena a lógica entre elas e as demais colunas armazenam as informações complementares. Esta estrutura está representada na Tabela 1.

Tabela 1 – Estrutura da Base de Regras

	A	B	C	D	E	F
1	=PT20>10	=FT15<7	=TE37>61	=E(OU(A,B);C)	“descrição”	“autor”
2						

Módulo de Busca de Dados

À medida que a base de regras vai crescendo, existe uma grande tendência de algumas variáveis de processo serem repetidamente utilizadas em várias regras. Para evitar que haja várias buscas desnecessárias destas variáveis no sistema PIMS, este módulo coleta apenas uma vez os dados destas variáveis a cada ciclo de leitura e execução e disponibiliza-os a todas as regras da base de regras. Este módulo não possui interface com o usuário e sua função é apenas melhorar a performance do sistema.

Módulo do Motor de Inferência

O módulo do motor de inferência é aquele que ciclicamente varre a base de regras, executando-as utilizando os últimos valores coletados pelo módulo de busca de dados. Possui uma única interface, representada na Figura 4, que mostra através de logs de eventos os disparos das regras.



Figura 4 – Interface do Motor de Inferência

O módulo de motor de inferência utiliza-se do cálculo automático de fórmulas do próprio Microsoft Excel, que à medida que novos dados chegam, já mantém a base de regras atualizada e com as regras avaliadas. O módulo fica então ciclicamente buscando

valores VERDADEIRO na coluna que armazena a lógica das regras e registra na lista de alarmes as informações complementares das regras que estiverem ativas.

Exemplos de Regras

1) Identificação de obstrução na lança KTB: A lança KTB é um equipamento da unidade de desgaseificação a vácuo que injeta Oxigênio no aço líquido, conforme representado na Figura 5.

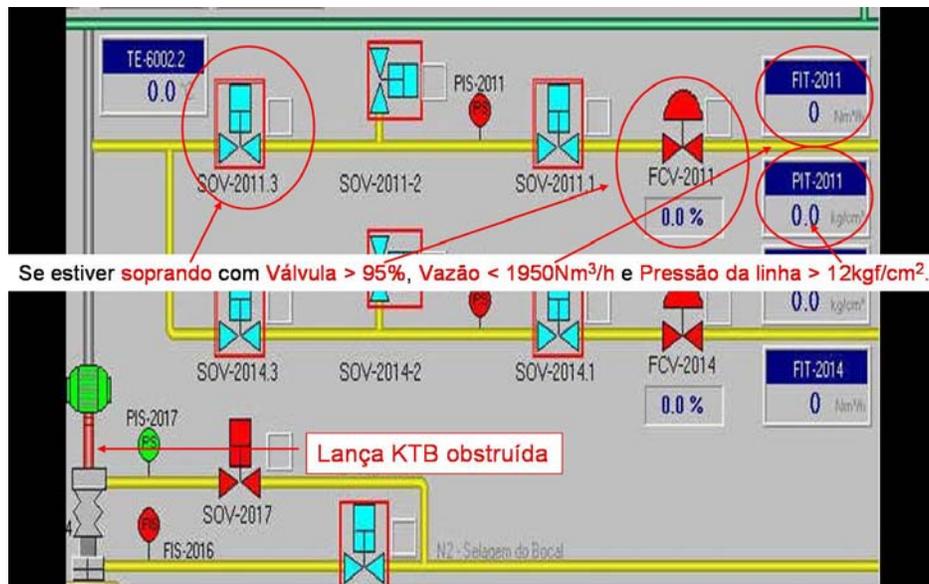


Figura 5 – Diagrama da Lança KTB

Em determinadas condições operacionais pode ocorrer obstrução parcial desta lança, situação que deve ser identificada o mais rápido possível. A regra definida para identificação desta situação está representada abaixo:

- Variáveis booleanas:
A:= SOV-2014.3 = 1
B:= FCV-2011 > 95
C:= FIT-2011 < 1950
D:= PIT-2011 > 12
- Lógica: E(A;B;C;D)
-

2) Desbalanceamento de carga nos motores de basculamento do Convertedor: O Convertedor, equipamento onde é realizado o refino primário de aço, possui quatro motores para o movimento de basculamento que trabalham em sincronismo. Situações anormais podem causar o desbalanceamento de carga entre estes motores. Estas situações podem ser identificadas pela comparação de corrente entre os quatro motores da seguinte forma:

- Variáveis booleanas:
A:= IT_M1 > IT_M2 + 60
B:= IT_M1 < IT_M2 - 60
C:= IT_M1 > IT_M3 + 60

- D:= IT_M1 < IT_M3 - 60
- (...)
- K:= IT_M3 > IT_M4 + 60
- L:= IT_M3 < IT_M4 - 60
- Lógica: E(A;B;C;D;E;F;G;H;I;J;K;L)
-

3) Identificação de erro de contagem de encoder nas lanças de Oxigênio: As lanças de Oxigênio são o equipamento que efetivamente injetam Oxigênio no banho metálico para o refino primário e a sua posição em relação ao banho é um dos principais parâmetros metalúrgicos no processo. O objetivo nesta regra é comparar a indicação do encoder com a atuação de uma chave came (limite H1). Neste caso, a regra é mais complexa, pois há duas lanças de Oxigênio e, como há histerese na atuação do came, considera-se apenas a atuação na descida da lança. Assim, a lógica de disparo desta regra está representada na Figura 6, sendo HS a altura de sopro proveniente do encoder.

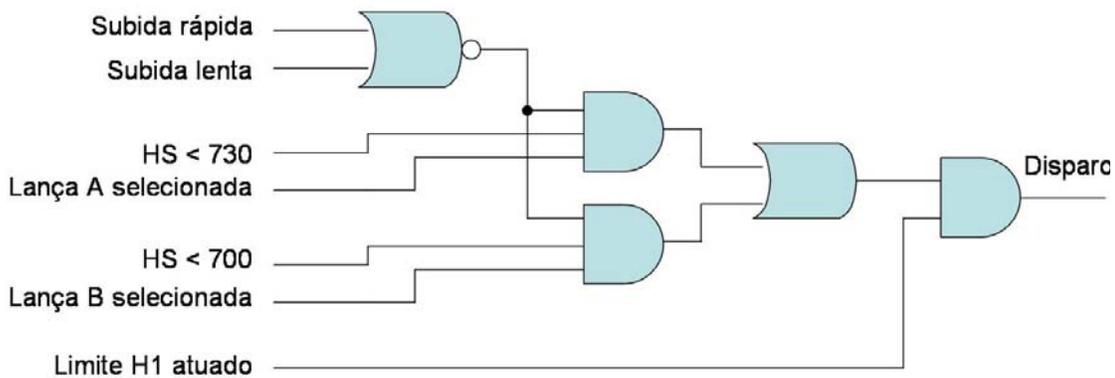


Figura 6 – Identificação de Erro de Contagem de Encoder

Assim, esta regra seria implementada da seguinte forma:

- Variáveis booleanas:
- A:= subida rápida = 1
- B:= subida lenta = 1
- C:= HS < 730
- D:= Lança A selecionada = 1
- F:= Lança B selecionada = 1
- G:= Limite H1 = 1

Lógica: E(G; OU(E(NOT(OU(A;B)); C; D); E(NOT(OU(A;B)); C; F)))

CONCLUSÃO

O protótipo desenvolvido possui algumas limitações, sendo as principais a descentralização da base de regras e a incapacidade de tratar eventos mais rápidos do que a taxa de atualização das variáveis no PIMS, impedindo a aplicação em certos processos, como por exemplo laminadores.

Contudo, para uma grande quantidade de aplicações têm-se mostrado útil não só na rápida identificação de falhas, mas também no registro e representação do know-how e

na disseminação de conhecimentos empíricos adquiridos com a experiência, mostrando que possui um grande potencial como ferramenta de manutenção preditiva.

Agradecimentos

Aos gerentes de Seção de Manutenção de Controle de Processo de Aciaria, Marcos Antonio Ribeiro Nogueira e Divisão de Manutenção de Controle de Processo de Aciaria e Laminação, Evandro de Figueiredo Neto, pelo apoio e incentivo no desenvolvimento do sistema.

Aos supervisores de Inspeção Elétrica, Américo José Alves Macedo e Wesley Aryon Rogério e Inspeção de Instrumentação, Daniel Pandolfi, pelo suporte técnico e incentivo na utilização do SIESA por suas equipes.

Aos estagiários Thobias, Emanuel e Marcos pela dedicação no desenvolvimento do sistema.

Aos técnicos da Seção de Manutenção de Controle de Processo de Aciaria que contribuíram com regras e sugestões.

REFERÊNCIAS

- 1 BARR, A.E., e FEIGENBAUM, E.A. The Handbook of Artificial Intelligence, Vol. 1. Willian Kaufmann, 1981.
- 2 CAMPOS, Mario Massa de; SAITO, Kaku. Sistemas inteligentes em controle e automação de processos, Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2004.
- 3 BITTENCOURT, Guilherme. Inteligências artificiais: ferramentas e teorias. Florianópolis: Editora da UFSC, 1998.