

MONITOR

Sistema Especialista para Monitoramento da Corrosão em Processo Químico Industrial

Carlos Marcelo Pedroso •
Patrícia Funayama •
Milton Pires Ramos ••
Celso A. A. Kaestner •••

RESUMO :

Este artigo descreve o MONITOR, um sistema especialista de apoio à segurança de equipamentos, de uma refinaria de petróleo, auxiliando no controle da corrosão. A conjugação de conhecimento especializado, técnico e heurístico, análise do processo da refinaria e recursos computacionais resulta em diagnósticos sobre o estado corrosivo e possibilita a adoção de medidas corretivas aplicáveis. Esse conjunto de atributos compõe o MONITOR, desenvolvido para a refinaria Getúlio Vargas (REPAR / PETROBRÁS).

- Graduando(a) do curso de Engenharia da Computação - PUC-PR.
Estagiário(a) do Laboratório de Desenvolvimento - Divisão Eletro-Eletrônica do Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR).
Rua Prof. Algacyr Munhoz Mader, 2400 - CIC - tel : (041) 346-3141 - R. 231 - FAX : (041) 247-6788 - email : tecpar @ brfapesp.bitnet -Curitiba- PR.
- Engenheiro eletrônico - Chefe do Laboratório de Desenvolvimento - Divisão Eletro-Eletrônica do Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR).
- Professor do Departamento de Informática - PUC-PR / CEFET-PR.

1. INTRODUÇÃO

Observando a evolução da indústria petroquímica, verifica-se que os problemas relacionados à equipamentos constituem a causa de grande parte das perdas, de produção e qualidade. [LOU-88]

Uma pesquisa realizada na indústria de processamento de petróleo indicou a ocorrência de cem grandes acidentes, com dano de propriedade, em um período de trinta anos. Quarenta e dois destes acidentes envolveram unidades de refinarias e 30%, do total de acidentes, localizaram-se nos sistemas de tubulação, sendo que o prejuízo resultante, em cada caso, excedeu a US\$10,000,000. As principais causas dessas perdas foram determinadas como falhas de equipamentos e erros operacionais. [GAR-88]

Portanto, a segurança de equipamentos, pode representar uma real economia, em termos de manutenção e força de trabalho. Esta, porém, é seriamente afetada pela corrosão.

Virtualmente, toda unidade de uma refinaria é suscetível ao ataque dos agentes corrosivos [LIN-86], sendo que estes não podem ser totalmente eliminados, devido à natureza do processo e dos compostos manipulados. [LOU-88] Assim sendo, é desejável que os índices de corrosão sejam mantidos em limites mínimos e aceitáveis.

O controle da corrosão se apresenta como um fator fundamental para a garantia de um funcionamento, adequado e seguro, das unidades de fracionamento de petróleo. Entretanto, os procedimentos, de monitoramento e neutralização da corrosão, não são amplamente conhecidos. A complexidade de tais procedimentos tem vinculado o controle da corrosão ao conhecimento de um especialista e à demanda de muitos recursos financeiros.

A transferência do conhecimento do especialista para um sistema computacional, com capacidade de raciocínio e de verificação do estado da unidade da refinaria, constitui a base de desenvolvimento do sistema especialista MONITOR.

O MONITOR é uma inovação para o controle da corrosão, suprimindo a ausência do especialista e beneficiando a qualidade, a economia e a segurança no processo de refino de petróleo.

2. CONTEXTO GERAL

Segundo o especialista em corrosão da refinaria Getúlio Vargas (PETROBRÁS/ REPAR), uma quantidade mínima de refinarias, no mundo, são capazes de operar suas unidades, com perdas aceitáveis, ocasionadas pela corrosão.

As consequências da falta de controle podem variar desde perda nos resultados do processo a acidentes operacionais.

O efeito da corrosão pode ser representado como na Fig.1..

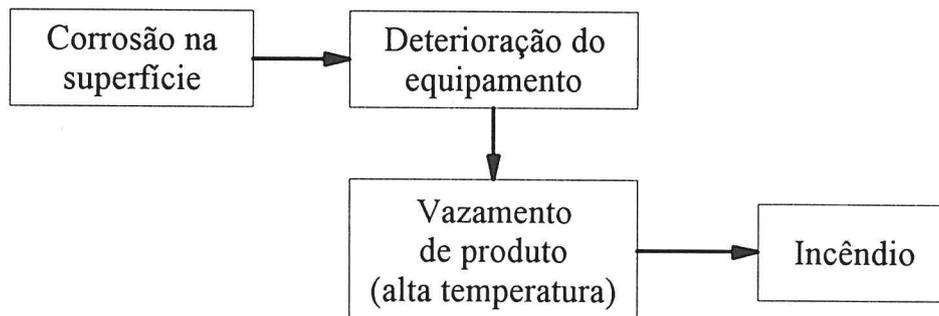


Fig.1. Efeito crítico da corrosão.

3. SISTEMA ESPECIALISTA

Para efetuar o controle da corrosão na Unidade de Destilação da REPAR, esta solicitou o desenvolvimento de um sistema computacional que forneça suporte e consistência a tal controle.

A correção dos índices de corrosão, atualmente realizada, baseia-se na adição de substâncias ao petróleo, em quantidades fixas. Essa técnica desconsidera as características de cada tipo de petróleo, a situação do processo e as condições dos equipamentos. Além desse fator, a ausência do acompanhamento de um especialista em corrosão, ocasiona uma sobrecarga de tarefas ao setor operacional.

Objetivando otimizar o controle da corrosão, foi selecionado um sistema especialista, a ser desenvolvido para apresentar um raciocínio semelhante ao de um especialista, em contato direto com o processo de refino. O sistema deverá possuir funções para análise da unidade, diagnóstico da situação e reparo, indicando um tratamento para a corrosão.

A capacidade de representar e manipular conhecimento e de obter conclusões, suprimindo a ausência do especialista, justificou a opção pelo desenvolvimento de um sistema especialista.

4. SISTEMA MONITOR

O MONITOR é um sistema especialista para monitoramento da corrosão na Unidade de Destilação (U-2100) da REPAR.

A U-2100 é formada por um conjunto de equipamentos que efetuam o fracionamento do petróleo por destilação.

O acompanhamento do processo é realizado através de um conjunto de sensores ligados a um computador de processos (YODIC-100 / YOKOGAWA) que interage com a rede da REPAR (padrão NOVELL), através de uma placa de comunicação. Todos os setores da refinaria estão conectados à rede.

Existem ainda algumas medições do processo feitas em laboratório. São retiradas amostras, em rotina periódica, estabelecida. Os resultados também são alimentados na rede.

Adaptado às condições operacionais da unidade, o MONITOR interage com a rede de dados da refinaria e com o setor de operação, fornecendo um diagnóstico útil sobre a situação da U-2100 e sugerindo providências para controle da corrosão (Fig.3.).

O sistema deverá indicar, ainda, um funcionamento inadequado dos equipamentos e o não cumprimento das rotinas de análise de laboratório, requisitando manutenção ou realização da análise, conforme o caso.

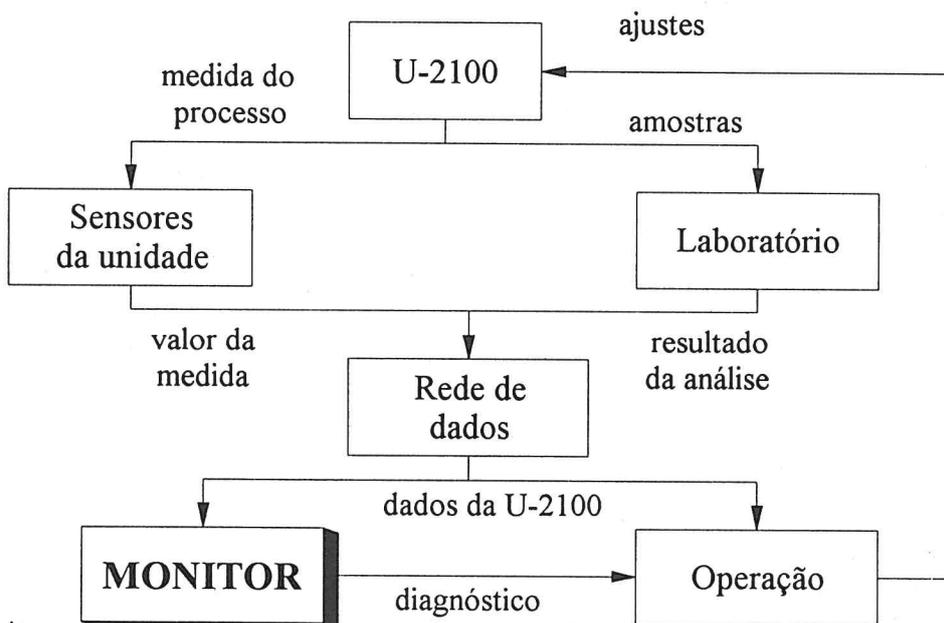


Fig.3. Integração do MONITOR na REPAR.

Salienta-se que a efetivação dos ajustes indicados é de responsabilidade da operação. O MONITOR não é um sistema de atuação.

Uma visão geral do MONITOR pode ser obtida através de seu diagrama de fluxo de dados básico (Fig.4.).

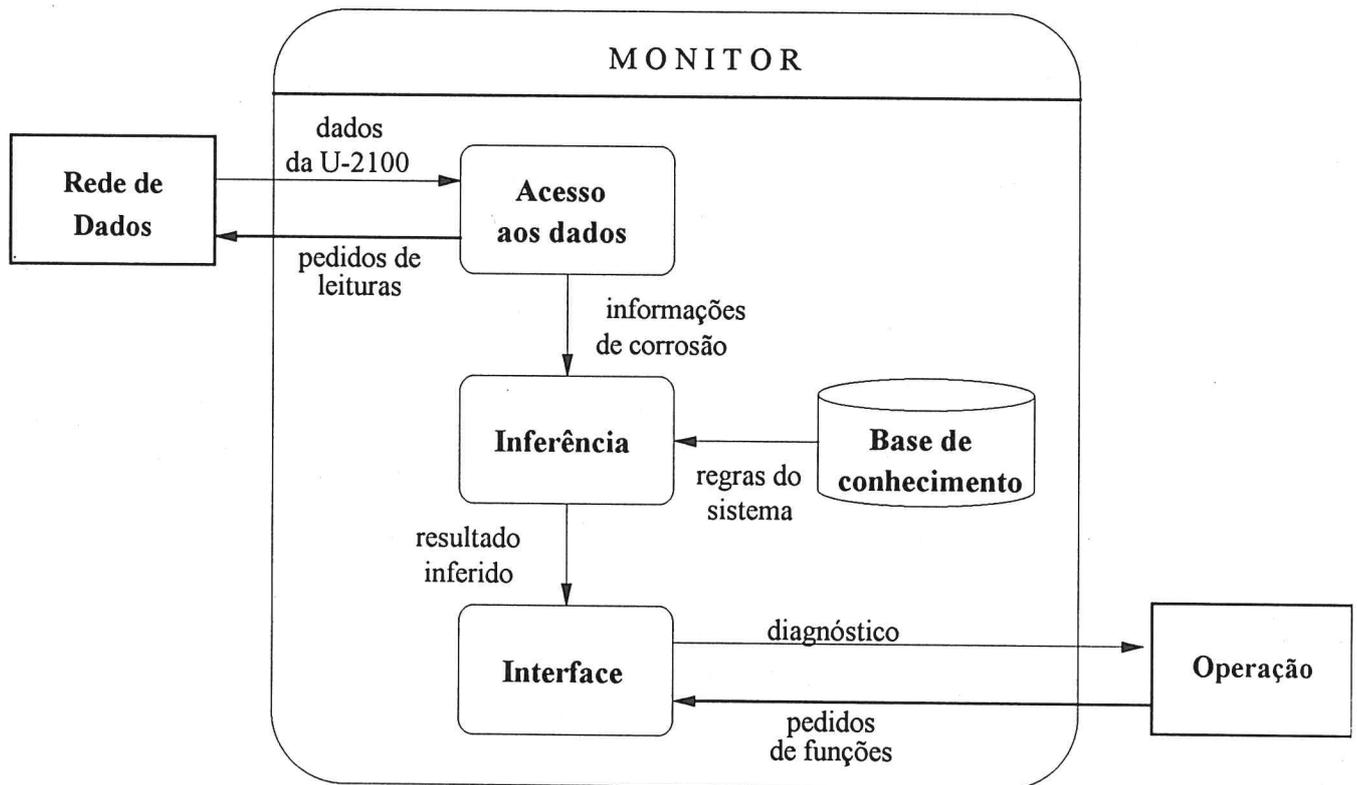


Fig 4. Diagrama de fluxo de dados.

4.1. Acesso aos dados

A comunicação entre o processo e o sistema MONITOR é feita através da rede, implantada na refinaria, e do módulo de acesso aos dados.

Os dados relativos à corrosão estão distribuídos em arquivos, disponíveis em rede, com padrões e formatos diversos, não documentados formalmente. O módulo de acesso é responsável pela leitura de tais arquivos e seleção dos registros relevantes à corrosão. Uma vez "extraídos" os dados necessários, estes são formatados para uso posterior da inferência.

É também designada como função deste módulo, a indicação, para o módulo de inferência, da ausência de informações primárias (p.ex. problemas de leitura do pH, devido a uma parada na unidade), da ausência de informações secundárias (p.ex. uma análise de laboratório não realizada) e de erros de acesso (p.ex. conflito de compartilhamento de arquivos).

4.2. Inferência

O módulo do sistema MONITOR, denominado inferência, é composto das funções que o caracterizam como um sistema especialista.

Uma divisão estrutural da inferência é mostrada na Fig. 5.

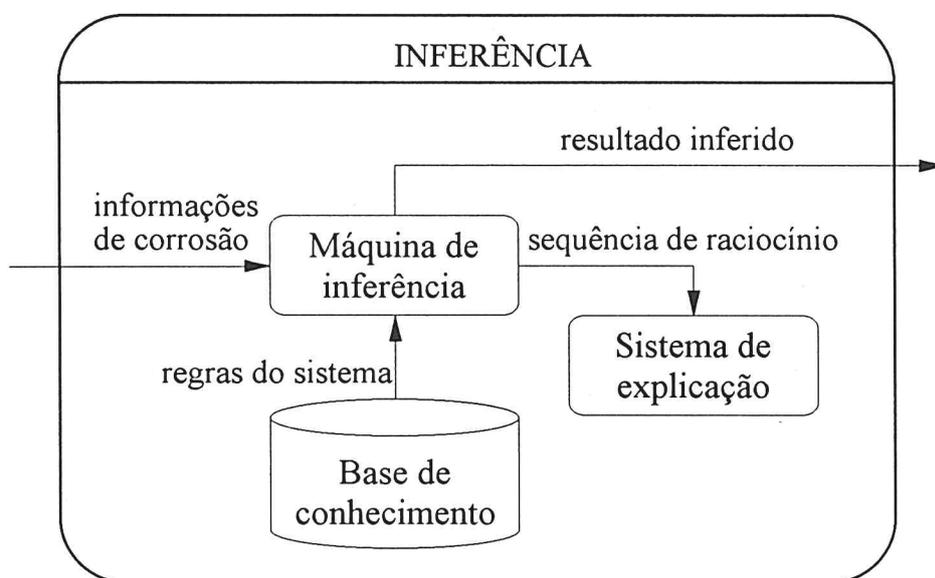


Fig.5. Diagrama de fluxo de dados da inferência.

4.2.1. Base de conhecimento

O MONITOR constitui sua base de conhecimento através de :

- * memória de regras;
- * memória de trabalho.

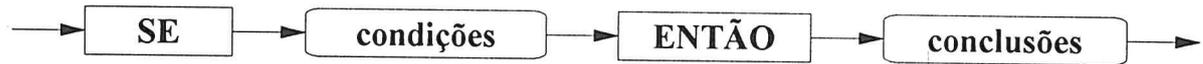
Memória de regras

Esta divisão da base de conhecimento é desta forma denominada, devido à forma de representação do conhecimento, utilizada no MONITOR : as regras de produção.

As regras são constituídas de condições e conclusões interligadas, logicamente, através do formato SE / ENTÃO.

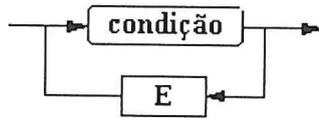
As regras podem ser representadas como na Fig.6.

regras :



condições :

$\langle \text{condição} \rangle ::= \langle \text{conclusão_intermediária} \rangle \mid \text{sentença} \mid \text{expressão}$



conclusões :

$\langle \text{conclusão} \rangle ::= \langle \text{conclusão_intermediária} \rangle \mid \langle \text{conclusão_final} \rangle$

$\langle \text{conclusão_intermediária} \rangle ::= \text{sentença}$

$\langle \text{conclusão_final} \rangle ::= \text{sentença}$

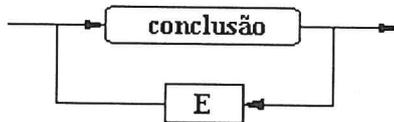


Fig.6. Representação das regras de produção.

As condições descrevem uma situação que leva o sistema a uma mudança de estado. São formadas por um conjunto de fatos, sendo que cada fato é uma sentença, uma expressão comparativa e/ou matemática ou uma conclusão intermediária, obtida através de outra regra. As sentenças são conjuntos de símbolos alfanuméricos que representam um estado do processo (frase simbólica e descritiva). As expressões são constituídas de variáveis do processo e constantes estabelecidas, representando, por exemplo, cálculos de eficiência e fórmulas químicas. Para que a regra seja considerada aplicável, o conjunto de condições deve ser totalmente verdadeiro.

As conclusões determinam uma mudança no sistema. Uma conclusão é formada por uma sentença declarativa que pode ser classificada como final ou intermediária. As conclusões finais são as metas do sistema, pois representam os ajustes que o sistema necessita; as intermediárias são utilizadas como fatos, por outras regras.

A memória de regras também armazena um conjunto de hipóteses, que o sistema tentará provar, baseado nos dados da unidade.

A função da memória de regras é, basicamente, armazenar o conhecimento adquirido do especialista, em formato simbólico.

Memória de trabalho

A memória de trabalho representa o estado da unidade, no momento em que está sendo feita a inferência. O estado da unidade é formado pelas instâncias das variáveis do sistema e das conclusões, intermediárias e finais, já estabelecidas.

O conteúdo da memória de trabalho, ao final da inferência, constituirá o diagnóstico e os ajustes determinados para a unidade.

4.2.2. Máquina de inferência

Caracterizando o tipo de inferência realizada por MONITOR, são mencionados os seguintes itens :

- * Encadeamento para trás
Foi especificado o conjunto dos possíveis ajustes para a unidade. A cada análise realizada por MONITOR, este verifica se determinado ajuste é necessário ou não. Esta forma de raciocínio é direcionada à meta.
- * Monotonicidade
Estabelecida uma conclusão para a unidade, esta não será anulada por outra regra.
- * Revogabilidade
O processo de inferência pode retornar a uma situação imediatamente anterior, eliminando o último passo.
- * Busca em profundidade
O sentido da busca da inferência foi escolhido objetivando verificar um caminho que indique a necessidade de um ajuste. Caso uma hipótese seja provada, outros caminhos para prová-la são irrelevantes.
- * Uso de variáveis
As variáveis são utilizadas nas regras para representar instâncias de leituras de sensores, resultados de análises e de cálculos.

4.2.3. Sistema de explanação

Para um melhor acompanhamento do sistema pelo especialista, MONITOR foi provido de um módulo que fornece uma justificativa para os resultados apresentados. A justificativa é baseada na sequência de inferência realizada.

4.3. Interface

A interface do MONITOR é dividida em blocos funcionais que disponibilizam os serviços do sistema e realizam a composição do diagnóstico e da justificativa.

As saídas do MONITOR são apresentadas em duas formas :

- * através do monitor de vídeo, com uma interface baseada em janelas e menus, mostrando as informações necessárias ao setor de operação da REPAR;
- * através de relatórios impressos, a serem emitidos periodicamente, contendo as medidas corretivas necessárias para a U-2100.

4.4. Conhecimento

As reuniões, com o especialista e operadores, mostraram que, a determinação do caráter corrosivo de uma unidade e das medidas corretivas depende do conhecimento da estrutura da unidade, de sua operação e da química envolvida no fracionamento de petróleo.

O escopo do conhecimento abrange :

- * características físicas da unidade : designação de equipamentos, sentido do fluxo do petróleo, pontos de injeção de substâncias;
- * dinâmica do processo : trocas de campanha, paradas, manutenção de equipamentos;
- * métodos de análise da unidade : composição do petróleo, leituras de sensores, análises de laboratório;
- * métodos para correção do índice de corrosão : controle de vazão, cálculos químicos, pedidos de manutenção, injeção de substâncias, controle de temperatura.

4.5. Considerações técnicas

O projeto do MONITOR possui como requisito básico que o sistema considere as características particulares da U-2100.

A estrutura modular utilizada objetiva que tal requisito seja atendido sem inviabilizar a portabilidade do MONITOR.

Supondo a utilização do sistema em outra unidade qualquer, serão necessárias as seguintes alterações :

- * interface : mensagens e formato do relatório;
- * inferência : regras de produção e hipóteses;
- * acesso aos dados : métodos de leitura de dados.

A codificação e documentação do MONITOR permitem que as modificações sejam feitas facilmente por um profissional da área de informática, com conhecimentos das linguagens de programação empregadas e de sistemas especialistas.

MONITOR foi desenvolvido com as ferramentas do BORLAND C++, ARITY PROLOG e TURBO VISION. Requer sistema operacional DOS.

5. CONCLUSÃO

Os benefícios da implantação de sistemas especialistas, em ambientes industriais, são evidenciados em termos da melhoria da qualidade e redução de gastos nos processos em questão.

A limitação quantitativa de especialistas, em determinadas áreas, e suas indisponibilidades, constitui outra motivação para o desenvolvimento de sistemas especialistas.

Na REPAR, sem a implantação do MONITOR, os índices de corrosão são superiores aos aceitáveis, apesar do controle efetuado. Isso ocorre devido ao fato de que o especialista não está disponível para monitorar constantemente o processo. O uso do MONITOR objetiva reduzir e manter os índices de corrosão à 0.1 mm/ano, evitar o desvio das funções do setor da operação e dispensar o acompanhamento freqüente do especialista.

O MONITOR é o resultado do esforço conjunto do TECPAR e PETROBRÁS / REPAR para desenvolver um aplicativo para a indústria petroquímica. O projeto encontra-se em fase de refinamento de um protótipo, adequando-o ao ambiente operacional e alterando a base de conhecimento. O desenvolvimento do MONITOR é previsto para um (1) ano, excluindo sua fase de validação.

O estudo e desenvolvimento de sistemas especialistas são constantes para o Setor de Desenvolvimento do TECPAR, com o principal objetivo de oferecer produtos úteis para as indústrias, enriquecendo o conhecimento técnico e humano das pessoas envolvidas nos projetos.

6. AGRADECIMENTOS

O agradecimento dos autores é expresso a todas as pessoas e instituições que contribuíram para o desenvolvimento do MONITOR. Entre muitos, os autores agradecem, especialmente, ao especialista em corrosão, Eng^o Luis Augusto Correa (PETROBRÁS / REPAR / SEIEQ), ao Prof^o Júlio César Nievola, pelo suporte técnico e aos colegas Emerson C. Paraíso e Lúcio M. Silveira, por seus conselhos providenciais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [GAR-88] GARRISON, William G., **Major fires and explosions analyzed for 30-year period, Hydrocarbon Processing**, p.115-118, September, 1988.
- [LIN-86] LINDLEY, William A., STRONG, Russel C., **Process Corrosion Control Through Selective Neutralization**, National Petroleum Refiners Association, 1986 NPRA, Annual Meeting, Westin Bonaventure Hotel, Los Angeles, Califórnia, March, 1986.
- [LOU-88] LOUSHIN, L. L., **First Application of Artificial Intelligence for Corrosion Control in the Petroleum Industry**, Materials Performance, p.77-83, June, 1988.
- [ROL-88] ROLSTON, David W., **Principles of Artificial Intelligence and Expert Systems Development**, McGraw-Hill International Editions - Computer Science Series, 257 p., 1988.
- [WAT-86] WATERMAN, Donald A., **A Guide to Expert Systems**, Addison-Wesley Publishing Company, 419 p., 1986.