

Automação Aplicada na Partida de Motor de Anéis para Moinho de Bolas

Francisco Carlos Parquet Bizarria
bizarriafcpb@iae.cta.br
IAE

José Walter Parquet Bizarria
jwpbiz@gmail.com
UNITAU

Gil Augusto de Carvalho
gilaugusto@uol.com.br
UNITAU

Resumo: Uma indústria nacional de médio porte, que atua no ramo da fabricação de cimento, possui um processo de moagem de escória de alto forno de siderurgia, em circuito aberto, montado com a tecnologia da década de sessenta. O referido processo não está automatizado estabelecendo uma situação que exige a realização de ajustes manuais para o seu funcionamento, além de estar desprovido de sistema para a supervisão remota da operação. A continuidade dessa situação tem potencial suficiente para comprometer a segurança, a produção e aumentar o nível de estresse físico e psicológico para os operadores. Nesse contexto, este trabalho apresenta uma proposta de arquitetura para automatizar a atual partida manual do motor de anéis que atende o moinho de bolas pertencente à mencionada planta, como uma parte da modernização para operação remota dessa instalação. Essa arquitetura é baseada em solução técnica moderna, inovadora e de investimentos moderados para realizar a supervisão, o comando e a operação remota do acionamento do moinho. A validação dos principais módulos da arquitetura proposta foi obtida por meio de testes em protótipo que adota os principais componentes desse sistema. Os resultados satisfatórios obtidos nesses testes indicam que a proposta apresentada neste trabalho é viável e adequada para a finalidade que se destina.

Palavras Chave: Produção de Cimento - Moagem de escória - Partida de motor - Automação -

1. INTRODUÇÃO

O processo de fabricação de cimento, também denominado de Cimento Portland, foi patenteado em 1824 por Joseph Aspdin. Esse processo utiliza basicamente como matéria prima o calcário complementado com argila, minério de ferro e gesso. Em 1882 surgiu na Alemanha o primeiro Cimento Portland com escória em caráter comercial. A partir de então, passou-se a re-utilizar a escória de alto-forno siderúrgico, até então considerada resíduo, como matéria prima para a fabricação de cimentos compostos. A escória utilizada na composição do cimento é um subproduto da fabricação do ferro gusa, obtido por resfriamento rápido e constituído basicamente por sílico-aluminatos de cálcio e magnésio com propriedades hidráulicas latentes (BATTAGIN, 2001; BATTAGIN, 2009).

Em uma indústria nacional de médio porte, que atua no ramo da fabricação de cimento, há um processo de moagem de escória de alto forno de siderurgia, em circuito aberto, montado com a tecnologia da década de sessenta. Esse processo industrial não está automatizado e possui como principal componente da linha de fabricação um moinho de bolas acionado por um motor de anéis com potência expressiva em seu eixo rotor. Atualmente a partida desse motor é desempenhada por meio de reostato cuja comutação das resistências é realizada manualmente por ação do operador em volante mecânico no local de sua instalação. A continuidade dessa situação tem potencial suficiente para comprometer a segurança operacional e causar estresse físico e psicológico aos operadores da linha de produção.

Com objetivo principal de aumentar a segurança de operação do processo, minimizar o estresse físico do operador e tornar mais suave a partida do motor principal do moinho (FITZGERALD, 1975), a linha sofrerá atualização tecnológica (*retrofit*) com a instalação e automação de um reostato de partida líquido, disponível na mencionada indústria, em substituição ao manual.

Nesse contexto, este trabalho apresenta uma proposta de arquitetura para automatizar o reostato de partida líquido que acionará o motor do moinho de bolas do aludido processo, como uma parte expressiva das atividades de modernização dessa instalação para a futura operação remota. Essa arquitetura é baseada em solução técnica moderna, inovadora e de investimentos moderados para realizar a supervisão, o comando e a operação remota de acionamento do moinho. A validação dos principais módulos da arquitetura proposta neste trabalho foi obtida por meio de testes em protótipo que adota os principais componentes desse sistema.

2. OBJETIVOS DO TRABALHO

Propor uma arquitetura para automatizar o reostato de partida líquido que acionará o motor do moinho de bolas de uma moagem de escória, como parte significativa da modernização do processo de produção que visa permitir a supervisão, o comando e a operação remota dos equipamentos envolvidos no sistema.

Apresentar os primeiros resultados obtidos nos testes de avaliação dessa proposta, os quais foram realizados em protótipo que adota os principais blocos previstos na referida arquitetura.

3. ARQUITETURA PROPOSTA

Os principais componentes previstos na arquitetura proposta neste trabalho para a automação do reostato de partida líquido que acionará o motor do moinho de bolas do processo de moagem de escória são mostrados na Figura 1. Nessa figura podem ser

observados três blocos distintos que são intitulados de SUPERVISÃO, CONTROLE e PROCESSO, os quais são descritos nos subitens seguintes.

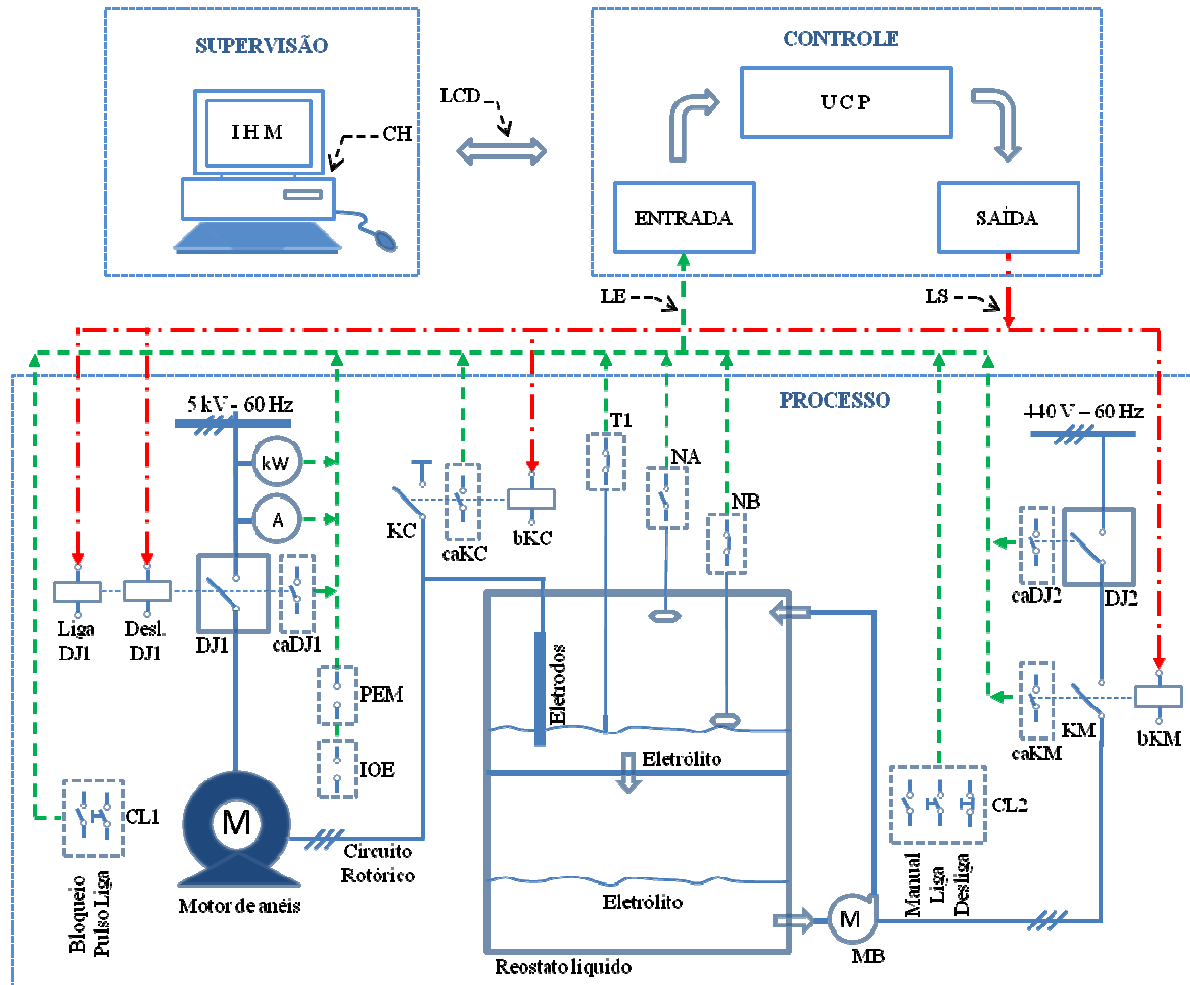


Figura 1: Componentes da arquitetura proposta

3.1. SUPERVISÃO

No bloco que supervisiona a operação do reostato de partida líquido está previsto um computador hospedeiro (CH), o qual tem por finalidade alojar na camada do aplicativo a interface homem-máquina (IHM) (De Moraes, 2001) e participar da transmissão e recepção de informações que estão relacionadas com os estados das variáveis contidas no programa de gerenciamento instalado no bloco de CONTROLE.

Os recursos contidos nos componentes gráficos que estão previstos nas janelas dessa interface permitem: i) o controle de acesso dos usuários, ii) a parametrização de valores operacionais, iii) a sinalização de comutação da operação, iv) o acionamento do motor e v) a supervisão de estado de variáveis digitais e analógicas do sistema. Os componentes pertinentes dessa interface fazem a comunicação com as variáveis de controle por meio da Linha de Comunicação Dados (LCD) que é dedicada, isolada galvanicamente e projetada para esse tipo de função.

3.2. CONTROLE

A função do bloco intitulado CONTROLE pode ser desempenhada por um Controlador Lógico Programável (CLP) provido com Unidade Central de Processamento (UCP) e capaz de operar com entradas e saídas, digitais e/ou analógicas, que

atendam ampla faixa de amplitudes e frequências de sinais elétricos (MIYAGI, 1996). Nesse controlador é instalado o programa que efetua o gerenciamento das principais atividades previstas para utilização dos recursos da arquitetura do sistema proposto (ROSÁRIO, 2005). Esse programa executa as tarefas de controle em conformidade com a seqüência de passos estabelecida no algoritmo de operação do reostato de partida líquido que acionará o motor do moinho de bolas do processo de moagem de escória.

A unidade de SAÍDA do controle é responsável por efetuar os acionamentos dos atuadores relacionados com: i) a bobina de acionamento (Liga DJ1) e desligamento (Desl. DJ1) do disjuntor (DJ1) que atende o estator do motor do moinho, ii) a bobina de acionamento (bKC) do contator (KC) que efetua o curto-circuito dos anéis para a retirada dos eletrodos do circuito de partida do rotor do motor e iii) a bobina de acionamento (bKM) do contator (KM) da motobomba de recalque de eletrólito do reostato. Os sinais elétricos individuais desses acionamentos são transferidos para os atuadores por meio das linhas de saída (LS).

De modo complementar, a unidade de ENTRADA recebe os sinais de comando e supervisão provenientes: i) dos contatos (Bloqueio e Pulso Liga) da chave para operação local (CL1) do motor do moinho, ii) dos contatos de intertravamentos com outros equipamentos da moagem (IOE) e outras proteções específicas do moinho (PEM), iii) dos sistemas sensores analógicos relacionados com a corrente aparente (A) e potência ativa (kW) do motor do moinho, iv) do contato auxiliar (caDJ1) de estado do disjuntor do motor do moinho (DJ1), v) do termostato de controle de temperatura do eletrólito (T1), vi) do sistema sensor de nível alto (NA) e de nível baixo (NB) do eletrólito, vi) dos contatos (Manual, Liga e Desliga) da chave de operação local (CL2) da motobomba de recalque de eletrólito (MB) e vii) do contato auxiliar (caDJ2) de estado do disjuntor (DJ2) e do contato auxiliar (caKM) do contator (KM) que atendem a motobomba de recalque. Esses sinais elétricos de supervisão são enviados para a entrada do controle por meio das linhas de entrada (LE).

3.3. PROCESSO

No processo estão previstos os seguintes grupos de elementos que são supervisionados e/ou comandados e/ou controlados: i) quadro da chave local do estator (CL1), circuitos do estator e rotor do motor de anéis que atende o moinho e ii) quadro da chave local do reostato (CL2), níveis do eletrólito no tanque (NA e NB), termostato do eletrólito (T1) e circuito de acionamento da motobomba (MB) que efetua o recalque do eletrólito entre a parte inferior e superior do tanque do reostato.

A configuração definida para o circuito elétrico do reostato permite que a sua operação seja realizada de dois modos distintos, ou seja, Modo Assistido (local) e Modo Remoto. No Modo Assistido a operação depende de ação direta do operador no local da instalação do reostato, sendo esse modo destinado especificamente para a situação de manutenção ou perda do sistema de acionamento remoto. Em ambos os casos as proteções contra as sobrecorrentes (DJ1 e DJ2) estarão ativas, a fim de minimizar as consequências causadas por possíveis manifestações de faltas elétricas nos circuitos envolvidos com a partida do motor. O Modo Remoto deve ser prioritariamente utilizado por privilegiar a segurança física dos operadores do sistema e efetuar automaticamente a seqüência de ações necessárias para realizar a partida do motor que atende o moinho.

4. PROTÓTIPO

Com a meta de atender os objetivos previstos neste trabalho foi desenvolvido um protótipo para realizar os testes com o bloco de SUPERVISÃO, o bloco de CONTROLE e os sinais elétricos de entrada e saída, digitais e analógicos, que estão relacionados com o bloco

de PROCESSO. Uma vista da primeira versão do protótipo que está relacionado com a arquitetura proposta para automatizar o reostato de partida líquido para acionar o motor do moinho de bolas é apresentada na Figura 2. Nesse protótipo foram realizados os testes para validar as funcionalidades dos blocos previstos na mencionada arquitetura, sendo dada especial atenção na elaboração, operação e avaliação dos componentes gráficos contidos na interface homem-máquina (IHM).

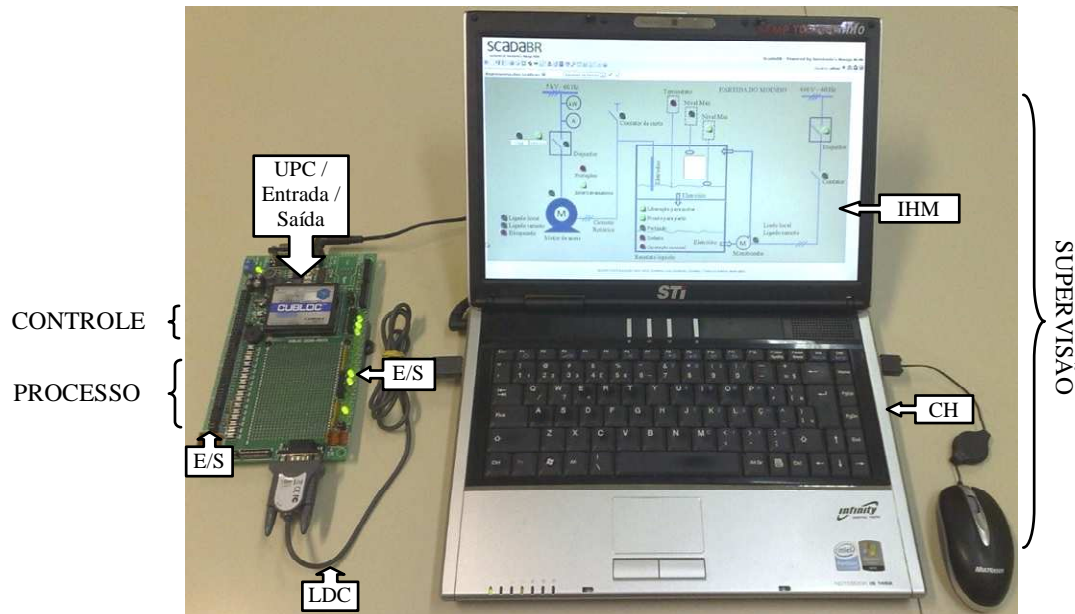


Figura 2: Vista da primeira versão do protótipo.

No protótipo apresentado na Figura 2 o bloco de SUPERVISÃO é composto por: i) computador hospedeiro (CH) do tipo portátil (*notebook*) que adota a arquitetura Intel® de 32 bits ou compatível e sistema operacional Windows Vista® e ii) interface homem-máquina (IHM) que foi elaborada com os recursos disponíveis no ambiente integrado de desenvolvimento do sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados (*Supervisory Control And Data Acquisition - SCADA*) (SILVEIRA, 2002). O meio físico definido para efetuar a comunicação de dados (LDC) entre o bloco de SUPERVISÃO e CONTROLE utiliza o padrão EIA (*Electronic Industries Alliance*) 232.

No bloco de CONTROLE é utilizado um microcontrolador Cubloc CB-290 (COMFILE TECHNOLOGY, 2011), com capacidade de desempenhar o ciclo de operação e as funções de processamento que são típicos de Controlador Lógico Programável (CLP), além de gerar e receber os sinais, digitais e/ou analógicos, similares àqueles previstos nos sensores e atuadores da arquitetura proposta para automatizar o reostato de partida líquido.

As interfaces físicas para a entrada e saída (E/S) de sinais elétricos, digitais e/ou analógicos, que representam aqueles gerados e fornecidos pelo bloco de PROCESSO estão disponíveis nos terminais da placa de desenvolvimento utilizada nos testes práticos. Nesses terminais são conectados as chaves digitais, os acionadores analógicos e sinalizações visuais utilizadas para aplicar sinais digitais e analógicos necessários para a realização dos testes de validação do sistema.

4.1 PROGRAMA DE GERENCIAMENTO

O programa de gerenciamento da arquitetura que foi elaborado para atender os testes relacionados com a primeira versão do protótipo considera no seu algoritmo as possíveis seqüências de atividades que o operador deve executar para acionar o reostato de partida

líquido em dois principais modos de operação, ou seja, Modo Assistido (local) e Modo Remoto.

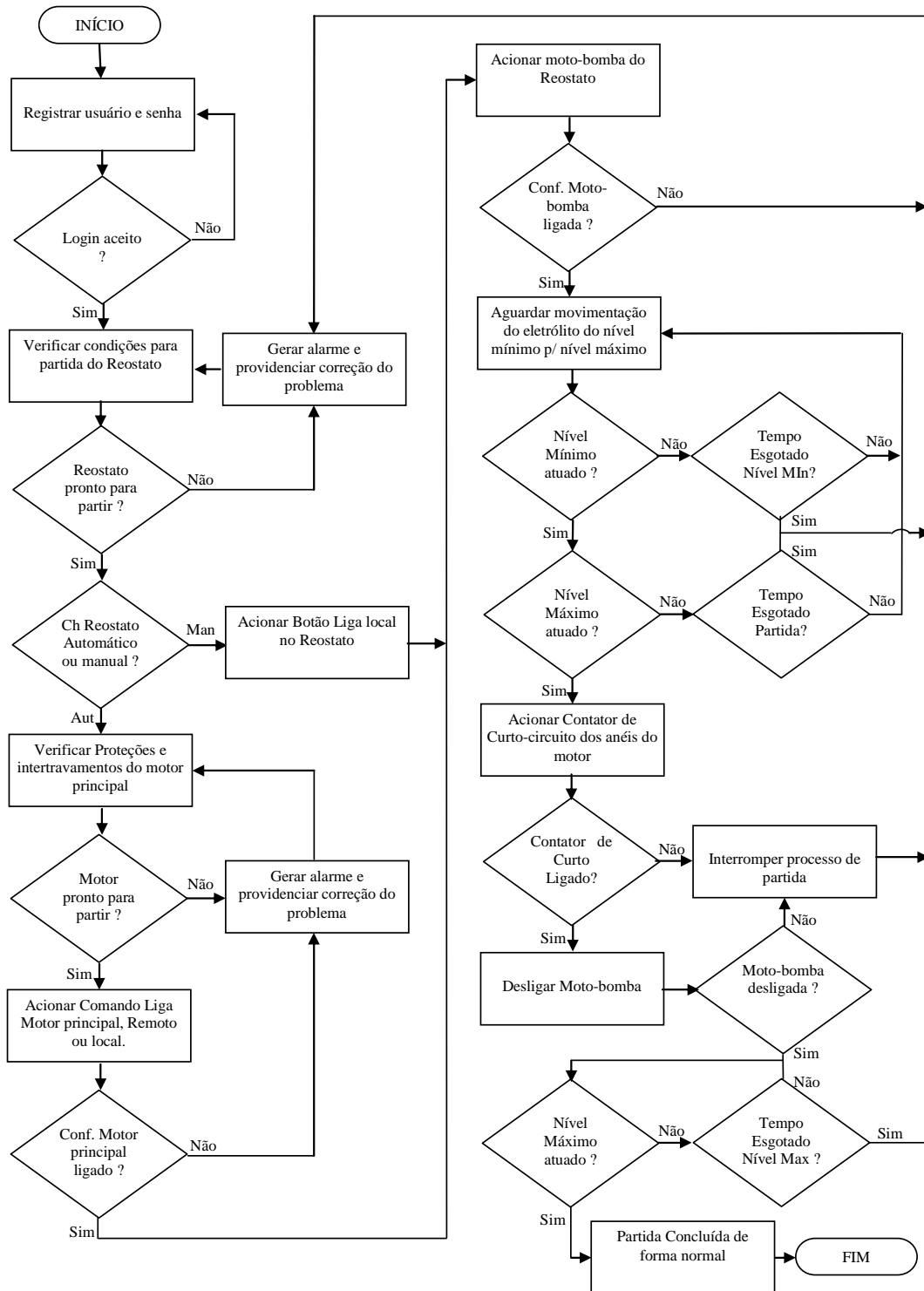


Figura 3: Partida do motor com reostato líquido.

No Modo Assistido as ações de acionamento do reostato que atende o motor são executadas pelo operador na área física de instalação da planta de produção, sendo que esse modo de operação é utilizado para a manutenção do sistema ou na hipótese de manifestação de anomalia no sistema de acionamento remoto. O Modo Remoto é o mais seguro, por possuir automatismo para realizar as ações de acionamento do reostato de partida do motor do

moinho e permitir que o operador efetue a supervisão e o comando desse acionamento a partir de local afastado da planta de produção.

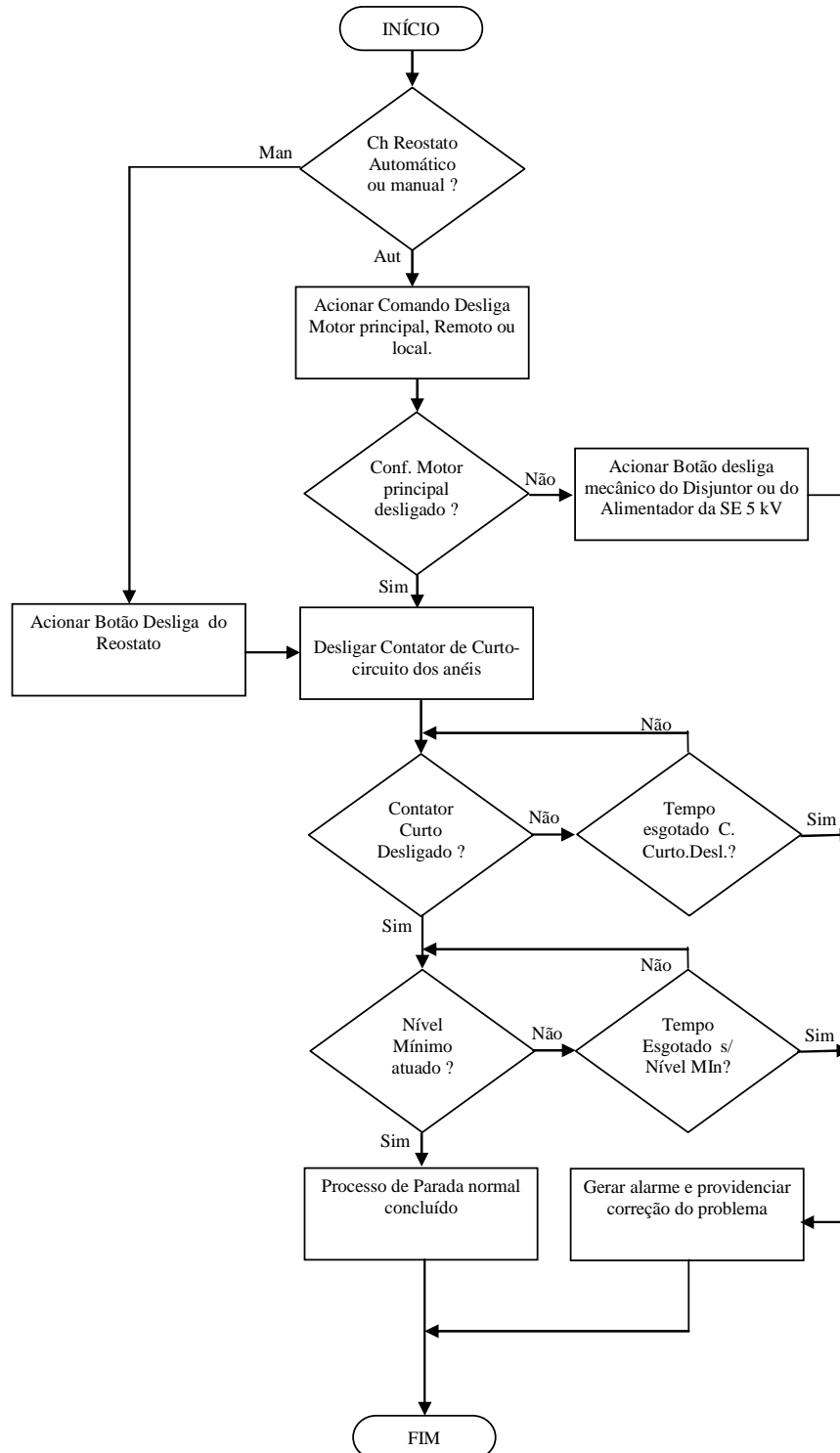


Figura 4: Parada do motor com reostato líquido.

Para elaborar o programa de gerenciamento foi realizada análise detalhada do funcionamento de cada um dos componentes contidos no sistema de partida do motor de anéis do moinho de bolas utilizado na planta. Essa análise permitiu co-relacionar as ações necessárias para atender às etapas do funcionamento do reostato e cumprir as funções previstas para o conjunto. A co-relação dessas ações também permitiu a elaboração dos

fluxogramas analíticos que representam uma das possibilidades de operação do reostato. Nesse sentido, são apresentados respectivamente, nas Figuras 3 e 4, os fluxogramas de partida e de parada do motor.

4.2 INTERFACE GRÁFICA

A principal função da Interface Homem-Máquina (IHM) está concentrada em servir de meio para o operador parametrizar, comandar e supervisionar as operações relacionadas com a arquitetura proposta para automatizar a operação do reostato de partida líquido que atende o motor do moinho. Essa interface foi elaborada com a utilização de um sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados (*Supervisory Control And Data Acquisition - SCADA*), com código aberto (*Open-Source*), que está disponível no mercado brasileiro, denominado ScadaBR (SCADABR, 2011). A janela principal de operação dessa interface é mostrada na Figura 5, sendo que o operador para ter acesso aos serviços contidos nessa janela tem que se identificar por meio do nome de usuário e senha.

Na Figura 5 pode ser observada a existência de duas colunas (Coluna - 1 e 2) com os componentes gráficos necessários para realizar o acionamento e efetuar as supervisões operacionais do sistema.

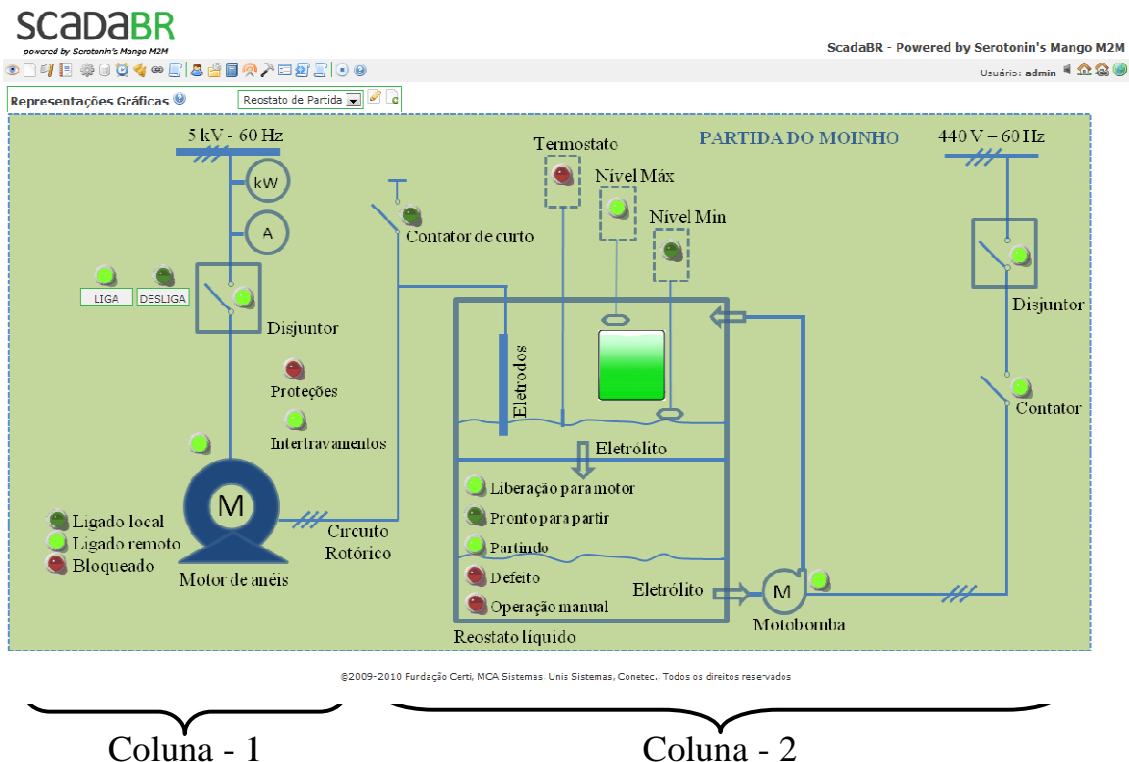


Figura 5: Janela principal de operação da interface.

Na Coluna - 1 estão previstos os componentes gráficos relacionados com o acionamento e sinalizações visuais do estator do motor. Esses componentes têm por finalidades: i) ligar (LIGA) ou desligar (DESLIGA) o motor do moinho, ii) sinalizar a condição ligado ou desligado do disjuntor, iii) sinalizar atuação por sobrecorrente ou por outros dispositivos de proteção relacionados com fluxostatos, pressostatos e temperatura nos mancais do moinho (Proteções), iv) sinalizar a existência dos intertravamentos (Intertravamentos) elétricos de outros equipamentos, necessários para a operação segura do sistema, e v) sinalizar se a operação do motor está bloqueada (Bloqueado) ou está sendo realizada no local (ligado local) ou remotamente (Ligado remoto).

Na Coluna - 2 estão previstos os componentes gráficos relacionados com as sinalizações visuais do circuito rotórico do motor. Esses componentes têm por finalidades sinalizar: i) a atuação do contator de curto-circuito dos anéis após a partida do motor para retirar do circuito os eletrodos do reostato, ii) o excesso de temperatura do eletrólito (Termostato), iii) o nível máximo (Nível Max) e o mínimo (Nível Min) de eletrólito, iv) as condições de liberação (Liberação para motor), início da partida (Pronto para partir), partida em andamento (Partindo) e falhas (Defeito) relacionadas com a partida do motor, v) a condição de contator acionado (Contator) e motor ligado (Motobomba) para o circuito de recalque do eletrólito, vi) a condição de disjuntor da motobomba ligado ou desligado por ação manual ou por atuação de sobrecorrente (Disjuntor), e vii) a condição de operação assistida do reostato (Operação manual).

4.3 TESTES PRÁTICOS

Na realização dos testes práticos, necessários para validar a arquitetura proposta neste trabalho, foram implementados os blocos e as ligações em conformidade com o diagrama apresentado na Figura 1, além de ser elaborado um programa para o bloco de controle capaz de atender as ações contidas no fluxograma analítico mostrado na Figura 3 e 4.

A execução dos testes foi dividida em duas etapas, sendo que na primeira foram avaliados diretamente os recursos relacionados com o Modo Assistido de operação. Na segunda etapa foram efetuadas preliminarmente as parametrizações de tempos que são condições exigidas pelo Modo Remoto de operação para, em seguida, efetuar o acionamento remoto do reostato de partida líquido que atende o motor do moinho.

5. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados satisfatórios observados nos ensaios práticos, realizados com o protótipo representativo da arquitetura proposta, mostram que o sistema é factível e pode ser levado a efeito para a aplicação a qual se destina.

A quantidade disponível de registradores, contadores, temporizadores e variáveis internas, bem como a disponibilidade de memória para alojar o programa de gerenciamento da arquitetura proposta foram completamente atendidas pelo microcontrolador do protótipo utilizado nos testes práticos. Essa situação é uma referência positiva para estudar a possibilidade de utilização de um único microcontrolador para atender outros equipamentos da planta de produção em questão.

Os recursos contidos no ambiente integrado de desenvolvimento do microcontrolador foram suficientes para elaborar o programa de gerenciamento da arquitetura proposta, em conformidade com os passos previstos nos fluxogramas analíticos.

Os componentes gráficos previstos no sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados (SCADA) foram suficientes para atender a aplicação em questão, além de possuir código aberto, que é uma característica que minimiza o custo de implantação e manutenção.

O sistema operacional utilizado nesta primeira fase dos testes foi o Windows® Vista, entretanto a utilização de outro sistema, como o Linux, poderá minimizar ainda mais os custos de implantação do sistema proposto.

6. REFERÊNCIAS

BATTAGIN, A. F. Cimento Portland de Alto Forno CPIII. ABCP – Agosto 2009

BATTAGIN, A. F. O uso das escórias siderúrgicas na construção civil. Um panorama atual. AFB - Setembro 2001

FITZGERALD A. E.; KINGSLEY JR. C.; KUSKO A. Máquinas Elétricas – Tradução de Josafá Neves. McGraw-Hill – 1975

DE MORAES, C. C. de; CASTRUCI, P. L. Engenharia de Automação Industrial. Rio de Janeiro: LTC, 2001

MIYAGI, P. E. Controle Programável – Fundamentos do Controle de Sistemas a Eventos Discretos. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1996

ROSÁRIO, J. M. Princípios de Mecatrônica. Editora Person Prentice Hall, São Paulo, Brasil, 2005.

SILVEIRA, P. R. Automação e Controle Discreto. 4a Edição - Érica, São Paulo, Brasil, 2002.

COMFILE TECHNOLOGY INC. PLC with Embeded Controller CUBLOC. User Manual Version 3.2., 2010.

SCADABR 0.7. Sistema Open-Source para Supervisão e Controle. Manual do Software. Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras. Outubro de 2010.