

# AUTOMAÇÃO DA ÁREA DE MATÉRIAS PRIMAS PARA ALTOS-FORNOS E SINTERIZAÇÃO DA USIMINAS<sup>1</sup>

Alysson Ribeiro das Neves<sup>2</sup>  
Paulo Sérgio Adorno Rodrigues<sup>3</sup>

## Resumo

A automação da área de matérias primas para Altos-Fornos e Sinterização da USIMINAS, realizada pela CONVERTEAM, pode ser considerada como um empreendimento inovador desde sua concepção até seu comissionamento. São merecedores de destaque as atribuições de um CLP MASTER (gerenciamento de estado e intertravamento de rotas) sendo realizadas pelo Sistema de Supervisão; a implementação de uma solução diferenciada para a seleção de rotas; a comunicação entre estações de operação Windows (INTEL) com um sistema de otimização/gerenciamento em VMS (ALPHA/DIGITAL) utilizando a tecnologia SOCKET; a implantação do sistema com a planta funcionando e em um curto espaço de tempo.

**Palavras-chave:** Supervisão; Controle; Rotas; ALPHA; SOCKET.

## AUTOMATION OF THE AREA OF RAW MATERIAL FOR BLAST FURNACES AND SINTERING OF THE USIMINAS

### Abstract

The automation of the area of raw material for Blast Furnaces and Sintering of USIMINAS, realized by the CONVERTEAM, can be considered an innovative enterprise since its conception until its commissioning. To exemplify it, can be presented something's like the attribution of a CLP MASTER (route's state and interlock management) carried through by the Supervisory System; the implementation of a different solution for the selection of routes, the communication between Windows (INTEL) operation stations with a VMS (ALPHA/DIGITAL) optimization/management system using the SOCKET technology; the on-line system implementation keeping the production activity and a short time period implementation.

**Key words:** Supervision; Control; Routes; ALPHA; SOCKET

<sup>1</sup> Trabalho técnico apresentado ao X Seminário de Automação de Processos, 4 a 6 de outubro de 2006, Belo Horizonte – MG.

<sup>2</sup> Engenheiro Eletrônico, Depto. de Automação Industrial – CONVERTEAM Brasil

<sup>3</sup> Analista de Sistemas, Depto. de Automação Industrial – CONVERTEAM Brasi

## **INTRODUÇÃO**

### **Escopo do Projeto**

O empreendimento foi realizado para atender às seguintes necessidades:

- Atualização da integração com o sistema corporativo existente (SIAR) modificando, eliminando ou criando novas mensagens de comunicação;
- Desenvolvimento de um “Sistema de Tratamentos dos Transportes e das Descargas de Caminhões e Vagões (internos e externos)” no computador ALPHA existente;
- Atualização do “Sistema de Armazenamento e Exibição das Operações” no computador ALPHA , modificando, eliminando e/ou criando novas tabelas no banco de dados existente e/ou telas para exibição dos dados operacionais;
- Desenvolvimento de um sistema de automação da planta para a Área de Matérias Primas e seus desempoeiramentos, dividido em duas partes:
  - A automação do 5º Centro de Controle compreendendo as Áreas do Recebimento de Matérias Primas e das Blendagens bem como o Desempoeiramento dos Silos dos Altos Fornos, retirando-a do computador ALPHA existente (sistema concentrado num só computador sendo executado em Basestar)
  - A automação do 1º e do 3º Centros de Controle compreendendo as Áreas de Manuseio de Matérias Primas e Combustíveis (Coque) bem como o Desempoeiramento dos Silos de Coque.

### **Importância Operacional da Planta**

A área de matérias primas para Altos-fornos e Sinterização da Usiminas é de extrema importância para o processo produtivo, uma vez que influi de forma direta e indireta no funcionamento dos Altos-fornos da usina.

Qualquer problema que resulte em paralisação prolongada das rotas de abastecimento de Coque, Sínter ou materiais diversos para os Altos-fornos pode paralisar o funcionamento dos Altos-fornos, afetando o processo produtivo de toda a usina. Uma paralisação prolongada das rotas de abastecimento das máquinas de Sínter, podem indiretamente paralisar o funcionamento dos Altos-fornos.

### **Constituição da Planta**

A operação da planta é subdividida em 3 centros de controle; o 5ºCC, o 1ºCC e o 3ºCC.

O 5º Centro de Controle é responsável pelo recebimento de materiais externos e internos. Eles podem ser recebidos por 2 tremonhas (para descarga de caminhões ou vagões com abertura inferior) ou 2 viradores de vagões com destino a 4 possíveis pátios. Estes pátios podem também receber diretamente descargas de caminhões. O 5ºCC possui ainda dois sistemas de homogeneização de minérios (blendagem), com seis conjuntos silo/balança dosadora para cada blendagem. Para efetuar os transportes acima mencionados são utilizadas 10 máquinas de pátio, sendo uma delas compartilhada com o 1ºCC.

É escopo do 1ºCC o manuseio de matérias primas não combustíveis. Elas podem ser transportadas a partir de 7 pátios ou 2 tremonhas com destino a 56 possíveis silos, referentes à 2 máquinas de Sínter e 3 Altos-fornos. Para efetuar estes transportes são utilizadas 6 máquinas de pátio, sendo uma delas compartilhada com o 5ºCC.

O 3ºCC é responsável pelo manuseio de combustíveis para Altos-fornos e Sinterização, incluindo a sua preparação através de 2 moinhos. Os combustíveis podem ser transportados a partir de 2 coqueiras, 2 tremonhas ou de uma rampa (para descarga de caminhões) com destino a 17 possíveis silos, referentes à 2 máquinas de Sínter e 3 Altos-fornos. Existem ainda 12 silos (Bunker) para armazenamento temporário do Coque de Alto-forno.

Basicamente, a planta é composta por mais de 500 equipamentos dentre correias transportadoras, peneiras, dumpers e trippers. A partir de 23 origens combinadas com seus respectivos e possíveis destinos, chega-se a um total de 179 rotas. A interface entre o Sistema de Supervisão e Controle e o CLP é feita utilizando 18500 pontos de I/O, a partir de 45 telas de supervisão e controle.

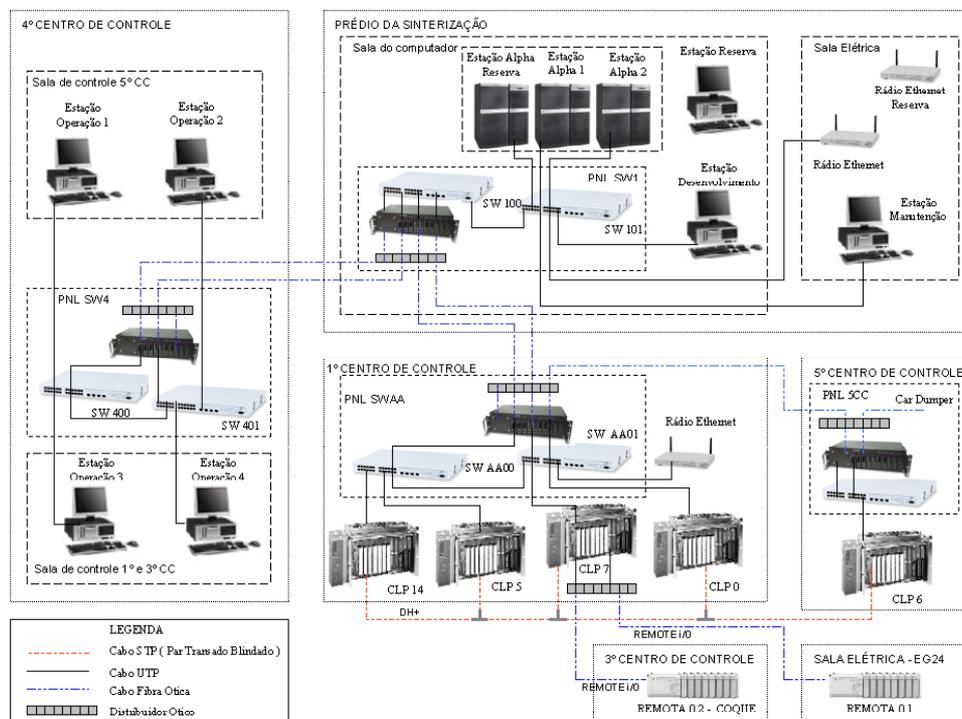


Figura 1. Arquitetura do Sistema

Conforme pode ser verificado pela figura acima, o sistema possui os seguintes níveis:

- Nível de Controle: Constituído por 5 CLPs da Família 5 – Rockwell (Allen Bradley).
- Nível de Supervisão: Constituído por 4 estações FactoryLink versão 7.2.
- Nível de Controle: Constituído por 2 computadores ALPHA 1000A.

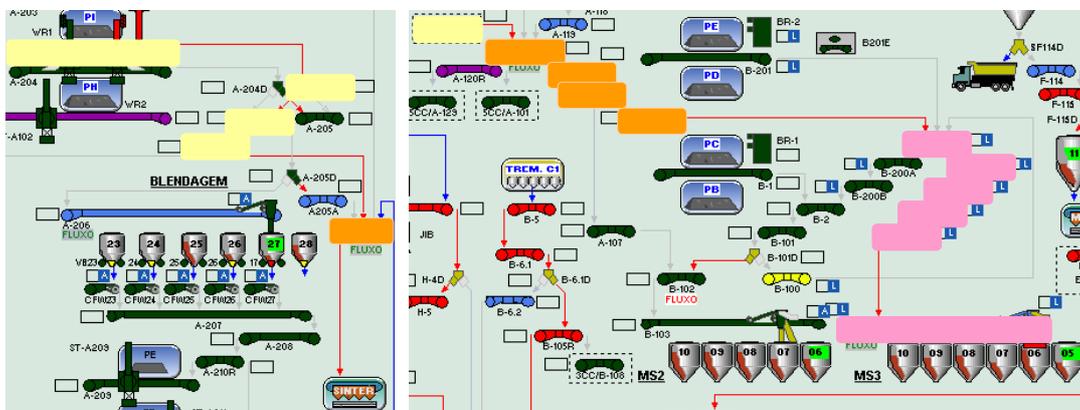
## ATRIBUIÇÕES DE CLP MASTER REALIZADAS PELO SISTEMA DE SUPERVISÃO

Todas as rotas da planta receberam uma numeração específica com 4 dígitos. Nesta numeração, os dois primeiros dígitos indicam a operação a ser realizada e os

dois últimos as opções disponíveis para esta operação. Devido à configuração física do sistema, ocorrem casos em que nem todos os equipamentos de uma mesma rota são controlados por um único CLP, causando uma subdivisão na rota. Estas subdivisões (ou subrotas) são tratadas por cada CLP como “rotas individuais”. Buscando uma operação independente entre as áreas controladas por cada CLP, foi atribuído ao Sistema de Supervisão e Controle a função de realizar a interface entre estas subdivisões, gerando as rotas propriamente ditas. Esta foi uma iniciativa inovadora, pois normalmente a interface entre subdivisões da rota é realizada num CLP, denominado CLP MASTER.

Ex.: A rota 0306, que transporta material dos pátios PI/PH para os silos 6 a 10 da MS3, é composta pelas seguintes rotas individuais:

- Rota individual 10 do CLP 6 (destacada pela cor amarela).
- Rota individual 94 do CLP 7 (destacada pela laranja).
- Rota individual 3 do CLP 14 (destacada pela cor rosa).



**Figura 2.** Atribuições de um CLP MASTER realizadas pelo Sistema de Supervisão

Para determinar o estado de Funcionando da rota agrupada 0306, o sistema de supervisão verifica se as três subrotas que a compõem estão funcionando. Na ocorrência de um defeito em qualquer uma destas três subrotas, o sistema de supervisão ativa o estado de Defeito da rota agrupada 0306. Nestes mesmos moldes são determinados os estados de Pronto Para Partir, Ligando, Desligando, Desligado.

Como não existe a rota agrupada 0306 para os CLPs, os comandos enviados para esta rota são na verdade enviados para as subrotas que a compõem. Para iniciar a rota 0306, o sistema de supervisão envia ao mesmo tempo três comandos para “Ligar”, um para a rota individual 10 do CLP 6, outro para a 94 do CLP 7 e outro para a 3 do CLP 14. O mesmo ocorre para os demais comandos, como Parada Instantânea e Parada em Seqüência.

Apesar dos intertravamentos entre equipamentos existentes no CLP, o Supervisor possui ainda uma programação de intertravamento entre rotas, outra função também normalmente atribuída a um CLP MASTER. Para que o supervisor possa enviar o comando de Ligar da rota 0306 aos seus respectivos CLP's, é verificado se 54 rotas específicas (0104, 0204, 0324, 1406, etc.) estão todas desligadas. Este intertravamento se reflete na inibição de botões nas telas e em funções internas do sistema.

## SELEÇÃO DE ROTAS PARA DESLIGAMENTO E FUNCIONAMENTO

Para comandar desligamento de rotas, foram criadas 3 telas, uma para cada centro de controle, contendo as respectivas rotas de cada um deles. Devido aos intertravamentos existentes tanto do supervisório quanto do CLP, apenas uma das opções (rotas) disponíveis para cada operação estará funcionando. Baseado nisto, as rotas de cada centro de controle foram agrupadas na tela por operação.

Para desligar uma rota do virador de vagões 1, por exemplo, o operador deve dirigir-se à tela de desligamento de rotas do respectivo centro de controle. Dentro desta tela, pode-se facilmente identificar dentro do agrupamento de opções (rotas) do virador de vagões 1 a rota em funcionamento (destacada em vermelho). O operador deve selecionar esta rota e clicar no botão “Parar”, na parte inferior da tela. Da forma como foi implementado, o procedimento acima descrito garante uma opção rápida para o desligamento de rotas.

Para comandar o funcionamento de rotas, foram criados procedimentos intuitivos, com enfoque voltado para a operação a ser realizada. Para uma operação de remoção de pilha para máquina de síter por exemplo, por exemplo, inicialmente é apresentado ao operador uma janela com uma lista de funções. Assim que ele escolhe uma das funções listadas, uma nova janela aparece, apresentado uma lista de origens para esta função. Após escolher uma das origens listadas, é apresentada uma nova janela com a lista de destinos para a origem selecionada. Escolhido o destino, uma lista de materiais/silos é apresentada. Estarão habilitados apenas os silos cujo material seja proveniente da origem selecionada. Entretanto, é permitido ao operador a troca do material programado para o silo por outro que seja proveniente da origem selecionada, liberando a seqüência de seleção de rotas para um silo previamente desabilitado. A escolha do material/silo finalmente exhibe uma lista otimizada de rotas, onde se encontram habilitadas as rotas relativas às opções escolhidas na seqüência acima.

A figura abaixo exemplifica um processo de seleção de rotas onde fora selecionada a função “Remoção para Máquinas de Síter”, tendo como origem os “Pátios Primários (PI/PH)” e destino a “Máquina de Síter 3 Via WR2”, transportando a pilha “DN01806” para o silo 7, utilizando a rota “0306”.

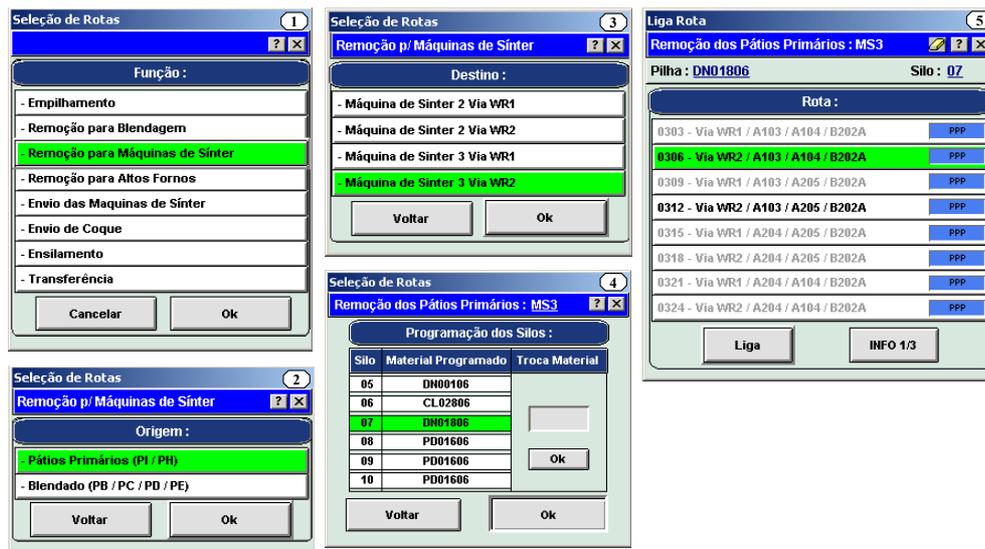


Figura 3. Janelas de seleção de rotas

## INTERFACE ENTRE ESTAÇÕES DE OPERAÇÃO E SISTEMA DE OTIMIZAÇÃO/GERENCIAMENTO UTILIZANDO A TECNOLOGIA SOCKET

Todas as informações imprescindíveis referentes as operações de transporte são enviadas para o sistema gerencial da USIMINAS. Dentre estes destacam-se o material transportado, a rota utilizada, os momentos de início o fim da operação bem como o equipamento utilizado e os locais de origem e destino. Utilizando critérios como confiabilidade, performance e segurança, a solução desenvolvida está baseada em rede Rede Ethernet, utilizando o protocolo de comunicação TCP/IP (Socket) para envio e recebimento de informações.

Os dados a serem transferidos entre as entidades (estações de operação e sistema de otimização/gerenciamento) são agrupados em mensagens, cuja estrutura é previamente definida e configurada em cada uma delas. Todas as mensagens enviadas recebem uma resposta (ACK) de sucesso do processo servidor da outra entidade.

Caso ocorra algum problema que impeça o envio da mensagem, as mesmas são armazenadas. Em ambas as entidades há um controle de Pilhas de Mensagens para o armazenamento e posterior envio, após restabelecimento da comunicação.

### EO (Estação de Operação)

O driver a ser executado na EO foi concebido utilizando o Visual C++, da Microsoft, em conjunto com a API (Application Programming Interface) do FactoryLink. Para o FactoryLink, o driver é somente mais uma das tarefas que compõem o sistema, sendo configurado através de tabelas de configuração, de forma similar às das demais tarefas.

A função deste driver é permitir que uma estação onde o FactoryLink esteja sendo executado possa trocar informações com o Sistema de Otimização (PROCOM), executado em um computador Alpha.

O driver permite sua utilização simultânea em várias estações de operação, sendo uma delas determinada EO MESTRE, e as outras EOs ESCRAVAS.

O driver foi construído para atender as seguintes necessidades:

- Permitir a troca de dados de forma eficiente e segura entre as estações de supervisão e um computador Alpha do PROCOM definido como mestre;
- Armazenar os dados, em todas as estações de supervisão, a serem enviados ao sistema PROCOM em caso de falha do mesmo;
- Armazenar os dados enviados por uma EOS em pilhas de dados específicas para cada EOS em caso de falha de comunicação com a EOS de destino;
- Receber, processar, distribuir e controlar o recebimento de dados provenientes do PROCOM;
- Informar a todas as EOS o estado da comunicação com os computadores do PROCOM e o estado de funcionamento das EOS.

Em termos de recebimento de mensagens pelas Estações de Operação, apenas a EO MESTRE recebe as mensagens do ALPHA. Assim que uma nova mensagem é recebida, a EO MESTRE a distribui para as demais EOs ESCRAVAS via FLLAN (uma tarefa do FactoryLink para comunicação entre estações por rede). Nos mesmos moldes, apenas a EO MESTRE envia mensagens para o ALPHA. Quando uma EO ESCRAVA necessita enviar dados ao ALPHA, ela primeiramente os envia via FLLAN para a EO MESTRE, que se encarrega de enviar para o ALPHA.

Antes que a EO MESTRE envie as mensagens para o ALPHA, elas são primeiramente armazenadas numa pilha. A medida que as mensagens vão sendo enviadas para o ALPHA, elas vão sendo removidas desta pilha. Por questões de redundância, todas as EOs ESCRAVAS possuem uma cópia da pilha da EO MESTRE. Se por algum motivo a EO MESTRE perder a comunicação com o ALPHA, as mensagens obviamente não poderão ser enviadas, mas permanecerão armazenadas na pilha. Quando a comunicação for restabelecida, as mensagens que se encontravam armazenadas na pilha serão enviadas para o ALPHA.

Se por algum motivo a EO MESTRE deixar de funcionar, uma das EOs ESCRAVAS, eleita dentro de uma ordem de prioridades, assumirá como EO MESTRE (Hot Stand-By). No caso de uma perda de comunicação entre EO MESTRE e ALPHA seguida de uma Falha de funcionamento em uma EO MESTRE, a EO ESCRAVA que for elevada a EO MESTRE terá uma pilha plenamente atualizada. Quando a comunicação com o ALPHA for restabelecida, a nova EO MESTRE enviará todas as mensagens da pilha.

## **Alpha**

Foram desenvolvidos em C com SQL processos gerenciais, servidor e cliente de dados, tendo como base o sistema operacional VMS, rodando em estações ALPHA/DIGITAL.

De forma semelhante ao driver desenvolvido no FactoryLink, a solução implementada no ALPHA também utiliza o conceito de pilhas. Antes de que o ALPHA envie as mensagens para a EO MESTRE, elas são primeiramente armazenadas numa pilha. A medida que as mensagens vão sendo enviadas para a EO MESTRE, elas vão sendo removidas desta pilha.

Se por algum motivo o ALPHA perder a comunicação com a EO MESTRE, as mensagens obviamente não poderão ser enviadas, mas permanecerão armazenadas na pilha. Quando a comunicação for restabelecida, as mensagens que se encontravam armazenadas na pilha serão enviadas para a EO MESTRE.

## **Descentralização das Operações**

Antes da implantação deste projeto, a metodologia de automação existente utilizava as estações ALPHA tanto para os procedimentos operacionais da planta, quanto para a comunicação com o sistema gerencial. As atribuições do ALPHA foram então redefinidas, tornando-o responsável apenas pelo armazenamento temporário de informações e envio das mesmas ao sistema gerencial. Toda a responsabilidade operacional foi atribuída às estações FactoryLink.

Ao contrário das estações ALPHA, que operavam em Cold Backup, as estações FactoryLink operam em Hot Backup, ou seja, quatro estações redundantes e prontamente disponíveis para utilização. Existe uma exceção com relação ao driver ALPHASOK, que opera na condição de Hot Standby-By, conforme descrito anteriormente.

A descentralização de funções relativas ao pátio de matérias primas no ALPHA permitiu um aumento de performance em outros sistemas que compartilham esta mesma estação. Em termos computacionais, uma das maiores atribuições transferidas para as estações FactoryLink foram os cálculos de consumo de matérias primas para as Blendagens. Na atual implementação a estação de operação MESTRE realiza automaticamente os referidos cálculos em intervalos/eventos predefinidos, enviando ao ALPHA apenas os resultados.

## **IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA**

### **Testes de Plataforma**

Os testes de plataforma entre Supervisório e CLP foram feitos nas dependências da Converteam, com a participação ativa de representantes da USIMINAS das áreas de Operação e Manutenção da planta. A dificuldade de se implantar nas dependências da Converteam uma plataforma com estações ALPHA, aliada a condições mais reais de testes, fizeram com que a interface EO/ALPHA fosse testada em loco, nas próprias dependências da USIMINAS, utilizando estações ALPHA reserva. Os ensaios realizados foram o mais realista possível, contando além da estação ALPHA mencionada, de estações de operação FactoryLink bem como dos respectivos CLPs do projeto, nos quais estavam instalados programas de simulação do funcionamento da planta.

### **Montagem e Testes de Campo**

Para minimizar o tempo de parada da planta para a implantação, as montagens elétricas e de instrumentação bem como os testes de campo, foram, em sua grande parte, realizadas aproveitando às próprias paradas de manutenção programadas de cada ramal da planta. As bases deste feito foram um planejamento eficiente e uma parceria bem solidificada com o cliente.

### **Start-up**

Nos mesmos moldes da montagem, o start-up foi realizado por ramais e aproveitando algumas paradas programadas, mas, entretanto, algumas paradas de ramais (chamadas paradas independentes) foram necessárias. Todas estas paradas independentes foram antecipadamente acordadas com a USIMINAS e não

causaram impacto direto na produção, pois ramais alternativos eram utilizados. Em termos quantitativos, foram utilizadas 75 horas de paradas independentes. Entretanto, as paradas programadas totalizaram 90,5 horas, distribuídas ao longo de 37 dias (09/05/05 a 15/06/05), ou 888 horas especificamente.

## **CONCLUSÃO**

Este empreendimento é um exemplo de como um planejamento bem realizado pode minimizar os custos de implantação de um projeto tanto para o cliente quanto para o próprio fornecedor. A inovação na busca de soluções é um outro fator considerável, também merecedor de destaque. Cabe destacar que foi fundamental a participação da equipe de operação, automação, elétrica, instrumentação e manutenção da Usiminas, sempre participando das reuniões de desenvolvimento do software e de programação das paradas, orientando e definindo as melhores estratégias a serem adotadas.

## **Agradecimentos**

Sinceros agradecimentos aos funcionários da USIMINAS Airton Domingues de Souza Filho, Francisco Eduardo Rodrigues e Nixon Guilherme de Assis, pela colaboração e auxílio técnico prestados durante o desenvolvimento do projeto bem como neste trabalho.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1 Alysson Ribeiro das Neves, “SINTERIZAÇÃO; SINTERIZAÇÃO 1 ,2 E 3; AMPLIAÇÃO DO PÁTIO DE MATÉRIAS PRIMAS; DESCRITIVO FUNCIONAL SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE”, Converteam 2005
- 2 Paulo Sérgio Adorno Rodrigues, Celton Luiz de Freitas, “SINTERIZAÇÃO; SINTERIZAÇÃO 1 ,2 E 3; AMPLIAÇÃO DO PÁTIO DE MATÉRIAS PRIMAS; DESCRITIVO FUNCIONAL DOS PLC's 0, 5, 6, 7 e 14”, Converteam 2005