

# PLANTA DE BENEFICIAMENTO SISTEMA MINAS-RIO - ANGLO FERROUS BRAZIL: INTEGRAÇÃO TOTAL ENTRE CLP E SUPERVISÓRIO<sup>1</sup>

*Tomás Esteves Tormin Botelho<sup>2</sup>  
Pablo Parreiras Drumond Ferreira<sup>3</sup>  
Rodney Santos de Oliveira<sup>4</sup>*

## Resumo

O objetivo desse artigo é descrever as ferramentas e técnicas utilizadas no desenvolvimento do projeto de automação da planta de beneficiamento e filtragem de minério de ferro Minas-Rio, da empresa *Anglo Ferrous Brazil*, localizada no município de Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais e em São João da Barra, Rio de Janeiro. Tem-se ainda como objetivo, que este artigo sirva como ferramenta de auxílio para projetos que queiram controlar plantas de beneficiamento de minério de ferro no sentido de esclarecer alguns pontos sobre as filosofias de sistema híbrido e CLP/SCADA. Inicialmente é apresentada uma breve descrição da planta de beneficiamento de minério de ferro e filtragem. Em seguida, são descritas as principais funcionalidades do sistema disponibilizadas no sistema de supervisão. Finalmente, conclui-se que o sistema implementado possibilitou, através da integração total entre CLP e SCADA, maior nível de mobilidade e flexibilidade à equipe de operação e manutenção, resultando em maior eficiência da planta.

**Palavras-chave:** Beneficiamento; Filtragem; Integração e automação.

## PROCESSING PLANT MINAS-RIO SYSTEM - ANGLO FERROUS BRAZIL: TOTAL INTEGRATION BETWEEN PLC AND SUPERVISORY

### Abstract

The objective of this article is to describe the tools and techniques used in the development of the automation project for the processing and filtering of iron ore at the Minas-Rio - Anglo Ferrous Brazil plant, located in the city of Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais and in São João da Barra, Rio de Janeiro, respectively. The purpose of this article is to serve as a tool for future projects that intend to control the processing of iron ore and clarify some points about the philosophies of the hybrid and PLC/SCADA technologies. Initially it is presented a brief description of the processing and filtering of iron ore. Then it is described the main features available in the monitoring system. Finally, it is concluded that the implemented system turn possible, through the total integration of PLC and SCADA, a higher level of staff mobility and flexibility of operation and maintenance, resulting in greater plant efficiency.

**Key words:** Iron ore processing; Filtering; Integration and automation.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 15º Seminário de Automação e TI Industrial, 20 a 22 de setembro de 2011, São Paulo, SP.*

<sup>2</sup> *Tomás Esteves Tormin Botelho cursa Engenharia de Controle e Automação na PUC-MG (IHM Engenharia). Atualmente é Técnico em Controle na IHM Engenharia.*

<sup>3</sup> *Pablo Parreiras Drumond Ferreira – Engenheiro de Controle e Automação pela Escola de Minas Ouro Preto. Atualmente é Analista de Controle na IHM Engenharia.*

<sup>4</sup> *Rodney Santos de Oliveira – Engenheiro responsável da Anglo American – automação e controle.*

## 1 INTRODUÇÃO

O Sistema Minas-Rio consistiu na construção de uma planta de beneficiamento em Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, com capacidade nominal de produção de 24,5 milhões de toneladas anuais, base seca, sendo 100% para a produção de *pellet feed*. O empreendimento também contempla, além da Usina de Beneficiamento, um sistema de Flotação, um mineroduto de 525 km que interliga a Usina ao Porto localizado em São João da Barra, no Rio de Janeiro e o próprio Porto.

### 1.1 Beneficiamento de Minério

Segundo Luz e Lins,<sup>(1)</sup> o “Tratamento ou Beneficiamento de minérios consiste de operações aplicadas aos bens minerais visando modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma, sem, contudo modificar a identidade química ou física dos minerais”. O Beneficiamento de Minério, seguindo a NRM-18, consiste em preparar, concentrar ou purificar minérios por métodos físicos ou químicos sem alteração da constituição química dos minerais, seguindo as regras de segurança, saúde ocupacional e proteção ao meio ambiente. As indústrias que geralmente necessitam do processo de Beneficiamento para tratamento de minerais são as indústrias de aço (ferro), cerâmica (argilas, caulim, calcários etc.), do vidro (quartzo, calcários etc.), de cimento e cal (calcários, gipsita etc.), de papel (caulim, carbonato de cálcio, talco etc.), dentre outras.

Neste artigo, o foco recai sobre o tratamento de minério de ferro, cujas principais fontes são: a Magnetita (óxido ferroso-férrico)  $Fe_3O_4$  (até 72,4% Fe), Hematita (óxido férrico)  $Fe_2O_3$  (até 69,9% Fe) e Limonita (óxido hidratado de ferro)  $2FeO_3 \cdot 3H_2O$  (48,3% Fe). A classificação do minério de ferro consiste em: entre 60% a 70% de presença de ferro (%Fe) é considerado rico, 50% a 60% considera-se médio e, menor que 50% de ferro, considera-se baixo.

O Beneficiamento de Minerais pode ser feito por diferentes processos, dentre eles:<sup>(1)</sup>

- fragmentação: um minério deve ser fragmentado até que os minerais úteis contidos (hematitas) sejam fisicamente liberados dos minerais indesejáveis (ganga). Essa fragmentação é feita através de britadores e moinhos;
- classificação: é o processo de separação de partículas por ordem de tamanho e densidade. A classificação opera, geralmente, junto com as etapas de fragmentação. Para isto, utilizam-se peneiras, classificadores e hidrociclones;
- concentração: processo utilizado quando é preciso separar os minerais de interesse dos que não o são. Para que essa separação ocorra, é necessário que os minerais de interesse não estejam fisicamente agregados aos que não são de interesse (liberação). Entre os métodos utilizados para a concentração podemos ter a separação gravimétrica, separação magnética, a flotação entre outros. Nesse processo, utiliza-se equipamentos como *jigues*, concentradores magnéticos de alta e baixa intensidade, células de flotação, mesas vibratórias entre outros;
- desaguamento: ocorre o desaguamento do material através dos processos de espessamento e filtragem; e
- secagem: processo feito através de secador rotativo, *spray dryer*, secador de leito fluidizado.

No projeto descrito neste artigo, as áreas que fazem parte da Planta de Beneficiamento são:

- britagem primária;
- britagem secundária e peneiramento;
- prensagem;
- moagem primária;
- deslamagem;
- flotação em células mecânicas;
- moagem secundária;
- remoagem;
- espessamento; e
- planta de reagentes.

## 2 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO

### 2.1 Filosofia

O sistema de controle e supervisão implementado no Sistema Minas-Rio é baseado no princípio de sistemas híbridos fornecido pela *Rockwell Automation*. A filosofia de sistemas híbridos interliga PLC/SCADA e DCS. A utilização do DCS é importante para o controle de analógicas de campo principalmente para processos de beneficiamento. Porém notou-se que, em alguns projetos, ocorreu uma limitação para o tempo de execução das lógicas, em torno de 1 segundo para grandes processos.

Os sistemas híbridos têm como principais características:<sup>(2)</sup>

- arquitetura aberta e modular;
- configuração cliente/servidor em *ethernet*;
- rede de controle padrão – tendência *ethernet* industrial;
- controladores com tempos de execução de algoritmos de controle na ordem de 100 ms;
- servidor de dados: função de leitura dos dados do controlador e disponibilizá-los para as estações clientes;
- servidor de aplicação: atua como servidor que armazena telas, alarmes, tendências etc., para estações clientes e servidor histórico;
- base de dados única entre controlador e supervisório;
- linguagens padrão IEC 61131-3: STL, LAD, FBD, SCL e SFC;
- bibliotecas e orientação a objetos;
- algoritmos especiais e de controle avançado;
- integração entre aplicativos.

E têm como principais vantagens:<sup>(3)</sup>

- Utilização de base de dados única;
- Utilização de bibliotecas de softwares e reutilização de código;
- Utilização de linguagens de programação normatizadas;
- Facilidade de configuração e manutenção;
- Autodocumentação;
- Otimização do nível de Controle;

Esta filosofia faz parte das tendências em automação onde também podemos citar:<sup>(4)</sup>

- *ethernet* no chão de fábrica;
- automação baseada em componentes (configuração em vez de programação);
- tecnologia *web* e sem fio;
- controle baseado em PC;
- utilização de padrão aberto;
- trazer o uso de TCP/IP no chão de fábrica; e
- possibilidade de obter respostas determinísticas em tempo real.

## 2.2 Metodologia

O princípio “Híbrido” só foi possível para esse projeto com os componentes de CLP e Supervisório da mesma empresa citada, sendo incompatível com equipamentos ou softwares diferentes. Apesar de a fabricante qualificar o produto com esta respectiva característica, o mesmo apenas apresenta alguns itens desta filosofia, tendo ainda várias características do princípio CLP/SCADA.

O sistema tornou possível a comunicação direta entre estes dois ambientes, sem intermediários. Ao serem criadas *tags* globais no CLP, através do *software RSLogix 5000*, essas são conectadas diretamente no supervisório após apenas um download. Além disso, o sistema torna possível a criação e a configuração online de equipamentos, tendo como origem de informações o CLP.

A filosofia de programação adotada foi à definição de um “objeto” com todas as animações programadas. Através da passagem de um parâmetro, que é utilizado em uma indexação na programação, buscam-se todas as informações do mesmo equipamento direto do CLP para o Sistema de supervisão. Este objeto seguiu o conceito de programação orientada ao objeto, com a funcionalidade do software de um objeto global, que servirá de base para os outros, reduzindo horas de engenharia, pois, ao modificar o objeto base, todos os outros são modificados.

O mesmo ocorre no envio destas informações. Através deste envio, segue-se a filosofia de configuração total de um equipamento através do sistema de supervisão, com isto toda a configuração de comandos, estados, defeitos, intertravamentos entre outros podem ser feitos através de telas de configuração dos próprios equipamentos, tornando mais rápido qualquer modificação pela manutenção (Figura 1). Com esta funcionalidade, torna-se possível a filosofia de configuração total do sistema através do sistema de supervisão, sendo que estas informações ficam estritamente no CLP. Por exemplo, a modificação de um estado de um equipamento é possível através da tela de configuração do equipamento, sendo desnecessária a configuração através de *software*.

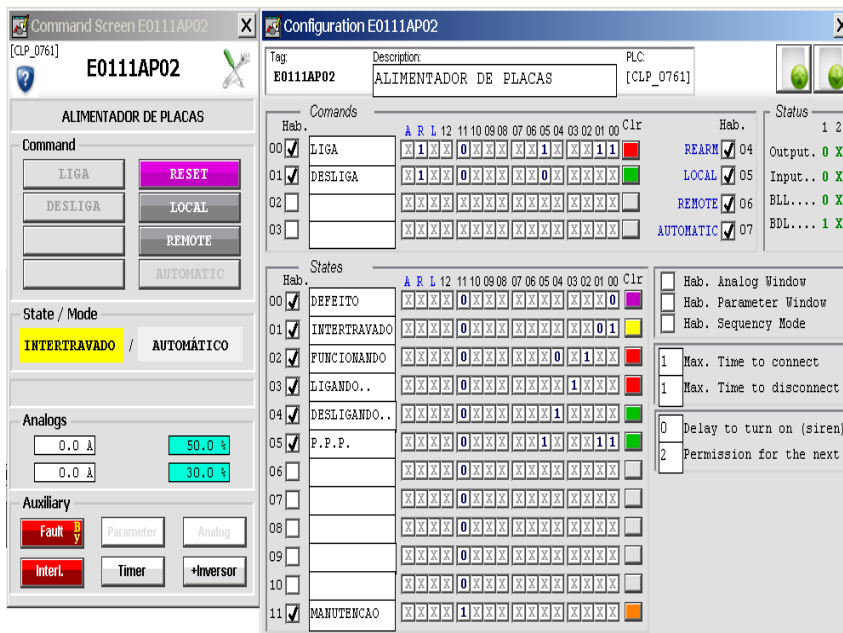


Figura 1. Tela de configuração de equipamentos.

Percebemos que, diferentemente de outros projetos, neste não foi necessário criar a camada intermediária para a comunicação entre CLP/SCADA, porque o próprio objeto é conectado ao seu respectivo equipamento no CLP, tornando cada equipamento único com suas respectivas informações, que tem como base única de dados o CLP, com isto o sistema torna-se integrado entre os dois componentes. Através desses recursos, o sistema adquire a vantagem de ter total controle para a manutenção, tornando possível uma maximização de produção através de mudanças de configurações sem parada do sistema. Na Figura 2, tem-se a representação da integração dos diversos níveis de controle no processo.

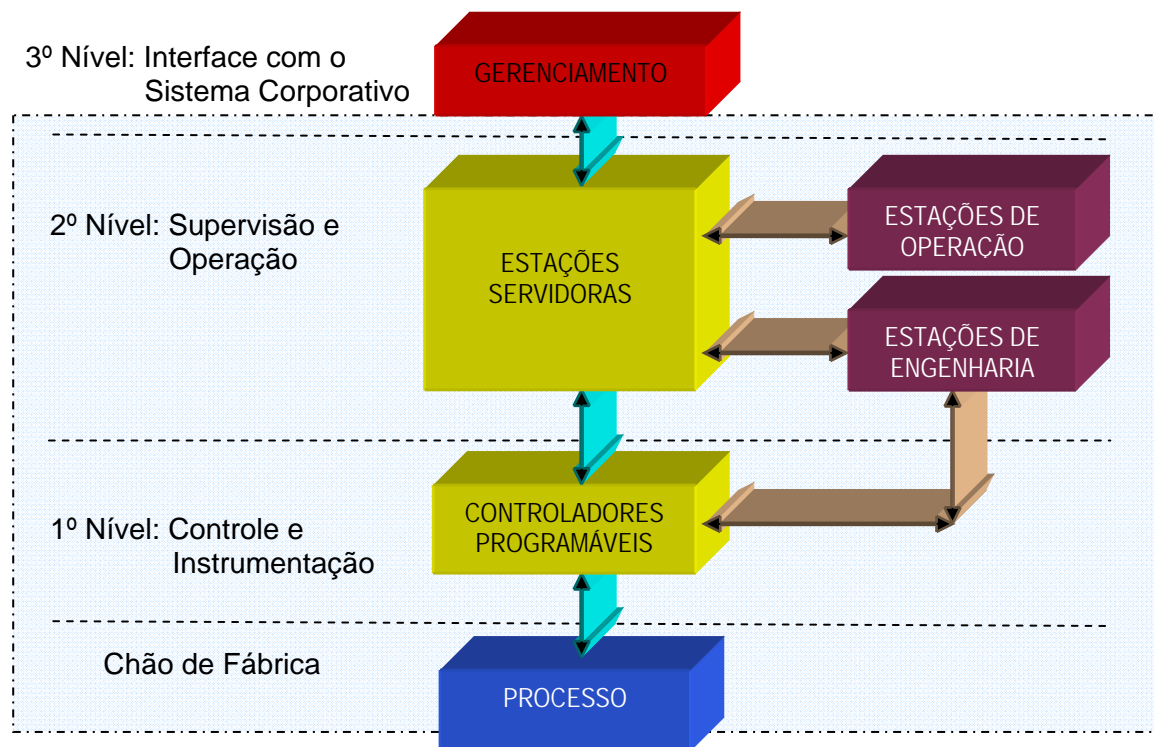


Figura 2. Estrutura hierárquica do sistema de controle e supervisão.

## 2.3 Chão de Fábrica

O chão de fábrica representa o sistema em escala de chão-de-fábrica, compreendendo todo o conjunto de sensores, transdutores, *drives*, CCMs (centro de controle de motores) e demais instrumentos de campo que atuam diretamente no processo, como elemento de medição, monitoração, acionamento e suas respectivas redes.

Vale à pena ressaltar que todo o projeto focou na padronização máxima de fornecedores e entre eles os que possuem as melhores características técnicas, pois a base da pirâmide suplanta a qualidade da informação nas etapas posteriores (Figura 3).



Figura 3. Planejamento estratégico da organização.<sup>(5)</sup>

## 2.4 Controle e Instrumentação

O nível de controle e instrumentação é responsável pela aquisição dos sinais e o controle dos equipamentos e instrumentos no campo. Todo o processamento das lógicas e tratamento dos sinais de campo, seja por cartões dedicados ou através de outra rede industrial, é de responsabilidade do controlador PLC.

O controlador irá trabalhar com as seguintes redes de comunicação:

### 2.4.1 Ethernet IP

Comunicação do sistema de controle com o sistema de supervisão e da comunicação entre as estações. É uma rede utilizada globalmente para a transferência de grandes volumes de dados a uma taxa de 100 Mbps.

### 2.4.2 ControlNet

Comunicação entre os controladores da planta (rede de intertravamento) e comunicação entre controladores e remotas. A rede ControlNet é uma rede de alta velocidade, desenvolvida para garantir o determinismo e a repetibilidade a uma taxa de 5 Mbits/s. Aplica-se tanto para o controle de sinais digitais quanto para os sinais analógicos, permitindo simultaneamente que os controladores troquem dados entre si bem como a programação de qualquer controlador da rede.

### 2.4.3 DeviceNet

Comunicação com relés e demais dispositivos inteligentes de acionamento. A rede DeviceNet é uma rede de dispositivos que utiliza o modelo produtor-consumidor, otimizada para o controle, aquisição de dados e diagnósticos dos dispositivos da rede. Uma vez composta de dispositivos inteligentes, é possível acessar informações de diagnóstico de cada dispositivo de tal forma que problemas poderão ser detectados antes que ocorra uma parada no processo.

A DeviceNet possibilita a conexão de vários controladores e vários mestres na mesma rede; comunicação ponto-a-ponto entre dispositivos (*peer-to-peer*); troca de dados por *polling*, por exceção (*change-of-state*), e de forma cíclica (*cyclic-data*).

### 2.4.4 Profibus PA

A rede Profibus PA será utilizada para comunicação com os instrumentos da planta. Profibus é um padrão de rede de campo aberto e independente de fornecedores para um largo campo de aplicações em automação de processo. A independência de fabricante e abertura é garantida pelo padrão Profibus EN 50170. Com Profibus, dispositivos de fabricantes diferentes podem se comunicar sem adaptações especiais de interface.

### 2.4.5 Profibus-PA (*Process Automation*)

O Profibus-PA é projetado especialmente para automação de processo. Permite sensores e acionadores serem ligados em uma linha comum de bus regular em áreas intrinsecamente seguras. O profibus-PA permite comunicação de dados e alimentação sobre o barramento utilizando tipicamente tecnologia de transmissão MBP-IS (de 2 fios de acordo com a Norma Internacional IEC 61158-2), o protocolo de comunicações versão DP-V1 e o perfil de aplicação Dispositivos PA.

Todos os instrumentos adquiridos no projeto possuem FDT/DTM válidos e em versões adequadas para o software de gerenciamento de ativos incorporado ao projeto.

### 2.4.6 Profibus-DP (*Periferia Descentralizada - Decentralized Peripheria*)

Otimizado para alta velocidade esta versão de Profibus é projetada especialmente para comunicação entre sistemas de controle de automação em nível de dispositivo, usa tecnologia de transmissão RS485. O Profibus-DP está disponível em três versões funcionais balanceadas, o DP-V0, DP-V1 e DP-V2.

### 2.4.7 DNP *Ethernet*

A rede DNP será utilizada para as unidades de proteção e medição dos sistemas de potencia. Para o atendimento a essa necessidade, está sendo introduzido o *Distributed Network Protocol* (DNP 3.0), com vistas a suprir as necessidades de comunicação em sistemas tipo mestre-escravo aplicadas no processo de supervisão e controle do setor de energia elétrica.

O DNP é baseado na norma IEC 870-5, que define um protocolo de comunicação de três camadas (modelo EPA – *Enhanced Performance Architecture*, de acordo com o modelo OSI – *Open System Interconnection* da ISSO – *International Standardization Organization*), orientados a equipamentos e sistema de controle.

### 2.4.8 ModBus

A rede Modbus TCP será utilizada apenas para as unidades de medição pertencentes aos moinhos. Com o protocolo Modbus o objetivo é estabelecer uma

comunicação mestre-escravo/cliente-servidor entre dispositivos inteligentes. Hoje, de fato, é um padrão verdadeiramente aberto, sendo um dos protocolos de rede mais largamente utilizado no ambiente industrial.

Os dispositivos que suportam este protocolo normalmente possuem funções de monitoramento, configuração e o módulo de controle I/O. Todas as redes acima mencionadas comunicarão com o controlador diretamente, sem a necessidade de gateways (premissa definida pela Anglo) de comunicação. Para isso, serão utilizados módulos de comunicação específicos para cada protocolo.

### 3 ARQUITETURA DO SISTEMA

A planta de beneficiamento e filtragem do sistema Minas – Rio é composta por dez CLPs da família *Rockwell ControlLogix* localizados na própria planta de Beneficiamento e separados por áreas. A arquitetura compreende: dois servidores de dados redundantes; seis estações de operação; quatro estações de engenharia para desenvolvimento e manutenção do sistema; dez IHMs padrão PC para o sistema elétrico; uma estação remota de monitoração do sistema elétrico e um sistema de visualização em *video wall*. As duas estações servidoras serão responsáveis por coletar os dados do PLC e disponibilizá-los para as estações clientes. Serão servidores *WEB* para acesso das telas do sistema (Figura 4).

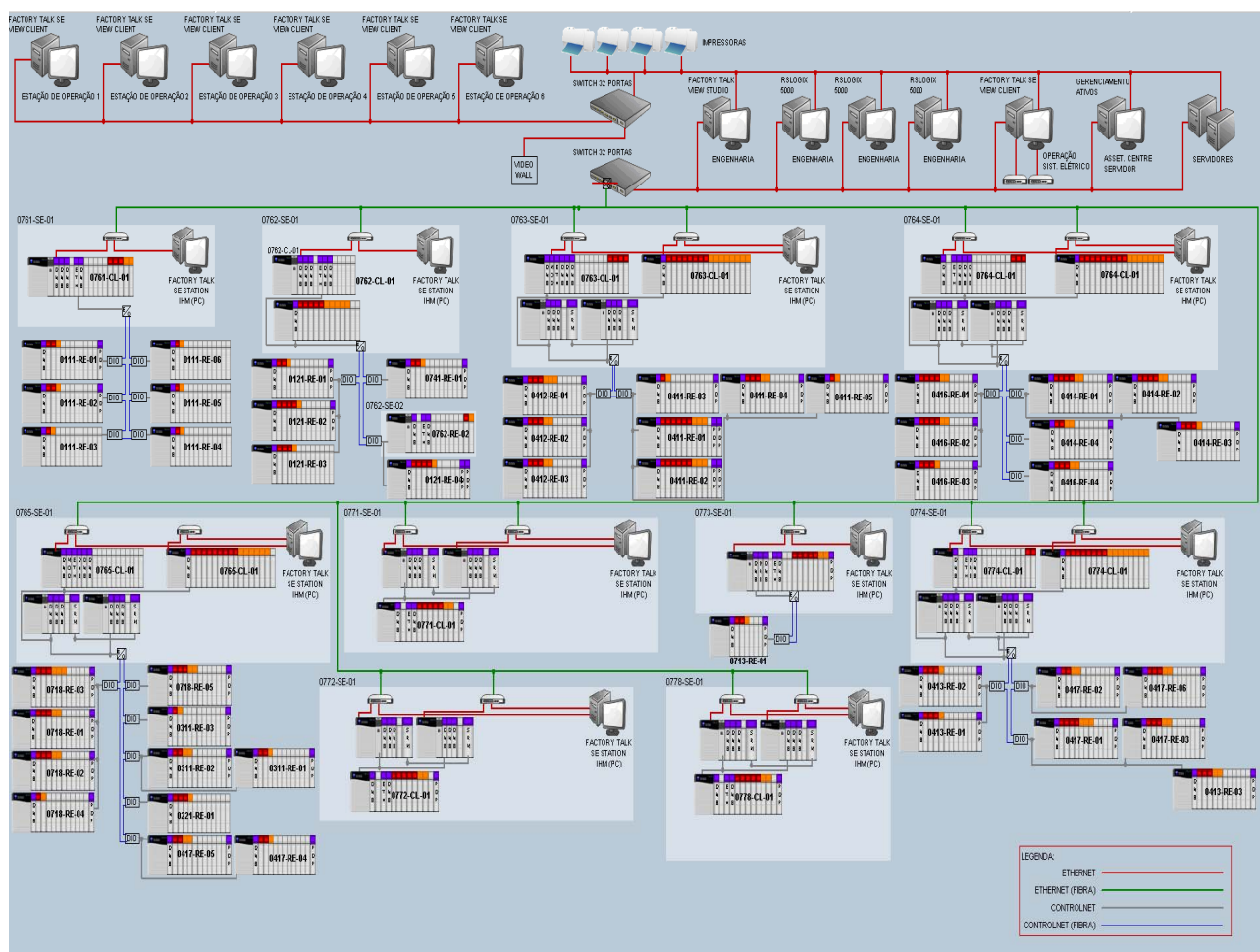


Figura 4. Arquitetura da planta de beneficiamento e filtragem do sistema Minas-Rio.

### 4 DISCUSSÃO



O avanço tecnológico da automação subsidiou o tratamento de minérios mais pobres. Isso é comprovado nos três mais recentes projetos de plantas de beneficiamento vistos em Minas Gerais:

- Planta Itabiritos - Vale;
- P3P – Samarco; e
- Mina Pau Branco - V&M.

Através desses projetos pode-se perceber que existe uma tendência da automação para sistemas de beneficiamento utilizando-se sistemas híbridos, ressaltando-se que ainda permanece a filosofia PLC+SCADA por diversos motivos, dentre eles, o baixo custo e a facilidade na aprendizagem por já ser um processo empregado anteriormente.

Como nesses projetos ocorre o tratamento de minérios mais pobres, no caso itabiritos, podemos ver que a fronteira denominada “Quadrilátero Ferrífero” não concentra mais a maioria dos projetos de automação. Essa fronteira serve para determinar os terrenos onde existem minérios de alta qualidade e, nestes esses projetos, verifica-se que a automação está possibilitando o tratamento de outros minérios, sendo possível até o tratamento de rejeitos, outrora descartado. Vale destacar que, na prática, é impossível obter uma separação completa dos componentes que estão no minério. Como, para a obtenção de teores mais altos e melhores recuperações, normalmente tem-se como resultado um aumento no custo deste tratamento, deve-se julgar se o acréscimo desta nova etapa de beneficiamento do minério é realmente viável.

Verificando-se as idéias consideradas tendências para a automação<sup>(2,4)</sup> e estes projetos, vemos que *ethernet* e TCP/IP no chão de fábrica e tecnologia sem fio podem estar no primeiro grupo, mas não estão sendo utilizados no segundo.

Notamos que a filosofia adotada, para o projeto da Planta de Beneficiamento e Filtragem do Sistema Minas – Rio segue paralelamente estas tendências. Dentre elas podemos ressaltar a idéia de base única de dados, a tecnologia *web*, a automação baseada em componentes, a configuração cliente/servidor em *Ethernet* e a presença de um servidor de dados e de aplicação.

A tendência de base única de dados não foi usada diretamente, pois o sistema armazena todas as informações dos equipamentos nos diversos CLPs, o que não caracteriza uma base única de dados, mas sim uma característica única, que tem como principal benefício a simplicidade para configurar a comunicação entre CLP e SCADA. A automação baseada em componentes foi vista através da configuração individual de equipamentos pelo sistema de supervisão, tendo toda a programação orientada ao objeto global. Foi utilizada a tecnologia *web* para acesso ao processo através de um browser que podia comunicar com os servidores através de um *software* do fabricante. Foi seguida a configuração Cliente/Servidor em *Ethernet* e a presença de um servidor de dados e de aplicação, sendo que nesse projeto estas funções estavam reunidas em um único servidor, sendo o segundo redundante.

## 5 RESULTADOS OBTIDOS

Três aspectos foram fundamentais para o sucesso do projeto de automação da planta de beneficiamento do sistema Minas - Rio da Anglo Ferrous Brazil.

- a tecnologia empregada. Os requisitos de projeto com relação a desempenho e método de programação só foram atendidos graças à versatilidade e à robustez dos equipamentos utilizados;

- a capacitação da equipe técnica e gerencial envolvida no processo de implantação. Apesar do alto nível da tecnologia empregada, ocorreram problemas durante o desenvolvimento do projeto que tinham como origem a baixa memória dos controladores. Esse problema ameaçou a filosofia planejada e o desempenho da planta. Graças ao alto nível de conhecimento da equipe alocada ao projeto, todas as idéias previamente definidas puderam ser corretamente realizadas, extraíndo ao máximo os recursos disponibilizados pela tecnologia. Pôde-se, então, realizar um projeto inovador e que serve de base para outros como uma “idéia a ser seguida” em relação à integração de sistemas; e
- o envolvimento e comprometimento da equipe da Anglo, garantiu o máximo de desempenho da equipe alocada no projeto, tendo grande importância no resultado final.

## REFERÊNCIAS

- 1 LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Freitas. Treinamento de Minérios. Rio de Janeiro, RJ, p. 3-13, dez. 2002.
- 2 ISA SÃO PAULO. RODRIGUES, Ana Cristina. Encontro Técnico Mensal. Evolução dos Sistemas Supervisórios, SCADA e Híbridos. Disponível em <<http://isasp.org.br/palestras/siemens31082010.pdf>> Acesso em 17 de maio 2011.
- 3 FONSECA, Marcos de Oliveira. Artigo técnico “Sistemas de Controle Híbrido”, Revista Intech n.62
- 4 RODRIGUES, Ana Cristina; PETROFF, André. Tendências em Automação. SIEMENS 2009. Disponível em <<http://www.siemens.com.br/templates/v2/templates/getDownload.axd?id=6310&type=FILES>> Acesso em 17 de maio 2011.
- 5 Anglo Ferrous Brasil, Especificação Funcional. 2009.