

# SISTEMA DE CONTROLE DO PROJETO POLIMETÁLICOS I – RECICLAGEM DE ZINCO IMPLANTADO NA UNIDADE DE JUIZ DE FORA DA VOTORANTIM METAIS ZINCO<sup>1</sup>

*Bruna Roberta Frade Lara<sup>2</sup>  
Luís Henrique Correa Martins<sup>3</sup>  
Rafael Costa Gallo<sup>4</sup>*

## Resumo

O objetivo deste trabalho é descrever o Sistema de Controle desenvolvido no Projeto Polimetálicos I – Reciclagem de Zinco implantado na unidade de Juiz de Fora da Votorantim Metais Zinco. Inclui o fornecimento de software, materiais e acessórios, serviços de engenharia de desenvolvimento, gerenciamento de ativos, aquisição de dados de processo nos sistemas MES, LIMS e PIMS existentes, testes de plataforma, comissionamento, *start-up*, e operação assistida. O projeto compreende o desenvolvimento do sistema de controle de três novas máquinas de eletrólise, uma máquina para condicionamento dos anodos, uma máquina de *stripping* dos anodos e uma ponte para transporte dos anodos e catodos entre as máquinas.

**Palavras-chave:** Eletrólise; Reciclagem de zinco; Polimetálicos.

## POLYMETALLIC I - RECYCLING OF ZINC CONTROL SYSTEM IMPLEMENTED AT THE VOTORANTIM METAIS ZINCO AT JUIZ DE FORA

## Abstract

The following work aims to describe the Control System developed for the Polymetallic Project I - Recycling of Zinc, located at the unit of Juiz de Fora Votorantim Metais Zinco. The supply Includes the provision of software, materials and accessories, engineering services, development, asset management, data acquisition from the MES, LIMS and PIMS existing system, platform testing, commissioning, start-up and assisted operation. The project includes the development of the control system of three new electrolysis machines, one machine for conditioning of anodes, one machine for the stripping of anodes and a crane for transportation of anodes and cathodes between machines.

**Key words:** Electrolysis; Recycling of zinc; polymetallic.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 14º Seminário de Automação de Processos, 6 a 8 de outubro de 2010, Belo Horizonte, MG.

<sup>2</sup> Técnico em Automação Industrial pelo SENAI-MG, pós graduada em gestão de projetos pelo IETEC e MBA em Gestão de negócios pelo IETEC. Gerente de projetos na IHM Engenharia.

<sup>3</sup> Engenharia elétrica pelo CEFET-MG, pós-graduado em Engenharia Elétrica e Instrumentação pelo IEC PUC-MG(PROMINP. Engenheiro de automação na IHM Engenharia.

<sup>4</sup> Engenharia de Controle e Automação pela PUC-MG, pós graduado em Automação Industrial pela UFMG. Engenheiro de automação na IHM Engenharia.

## 1 INTRODUÇÃO

A Votorantim Metais é a maior produtora de zinco da América Latina e está entre as dez maiores produtoras mundiais. A atuação da Votorantim Metais no mercado de zinco teve início em 1956, com a formação da Companhia Mineira de Metais (CMM), em Três Marias, Minas Gerais. A produção de zinco metálico em lingotes, que era de 10 mil toneladas/ano em 1970, passou para 90 mil toneladas/ano em 1993. Além disso, o desenvolvimento de *know how* próprio garantiu à unidade de Três Marias o pioneirismo na implantação do processo eletrolítico para a metalurgia do zinco no Brasil.

Em abril de 2002, a Votorantim Metais assumiu a Companhia Paraibuna de Metais. Com a operação, ampliou sua capacidade de produção de 170 mil toneladas/ano para 265 mil toneladas/ano e reforçou sua participação no mercado de zinco. Na unidade instalada no município de Juiz de Fora (MG), a capacidade de produção anual é de 98 mil toneladas de zinco.<sup>(1)</sup>

## 2 PROCESSO DE ELETRÓLISE

A extração eletrolítica do zinco metálico a partir do eletrólito zinco/ácido é a função primária dos sistemas de processo na sala de eletrólise. O zinco metálico é depositado eletroquimicamente a partir do eletrólito sobre chapas catódicas de alumínio e são, então, estripados mecanicamente para produzir folhas de zinco (2). A Figura 1 representa o processo de eletrólise e é a principal tela de operação do sistema.

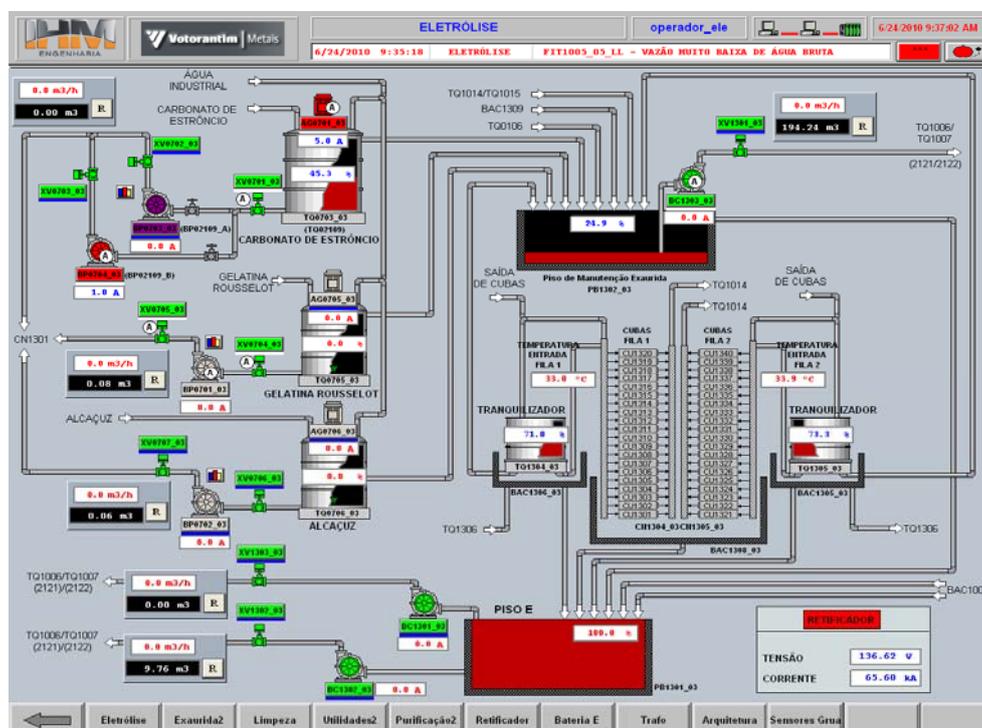


Figura 1. Eletrólise.

Todos os catodos são estripados uma vez em cada 48/32 horas. As folhas de zinco são enviadas então para o forno de fusão na fundição de zinco para processamento posterior. Adicionalmente às duas baterias de células eletrolíticas, a sala de eletrólise contém todos os sistemas e equipamentos requeridos para suportar e

manter o processo de eletrólise em um nível de elevada eficiência de operação e a um baixo custo de operação, incluindo o *know how* associado com:

- manutenção da geometria requerida dos eletrodos, baixa resistência de contato e qualidade da superfície dos catodos;
- manutenção de excelente ambiente de trabalho; e
- manutenção de elevado rendimento de corrente e de energia.

Um sistema de controle centralizado coordena os sistemas de manuseio e de processamento de materiais, por meio da sala de controle da eletrólise, a fim de gerenciar fluxo e garantir a produtividade requerida do sistema. Um elevado grau de automação e de confiabilidade do processo, tecnologia Zinco, minimiza tanto o número de horas de mão-de-obra como a exposição dos operadores a condições de trabalho potencialmente perigosas.

As células eletrolíticas estão dispostas em um circuito elétrico de duas baterias de 20 células conectadas em série. Um sistema de barramento conecta as células ao suprimento de energia do transformador-retificador localizado em um lado da sala de eletrólise (Figura 2). Cada uma das células possui 50 catodos de placas de alumínio (2,5 m<sup>2</sup>) e 51 conjuntos de chapas laminadas de liga Ag/Pb inicialmente instaladas.

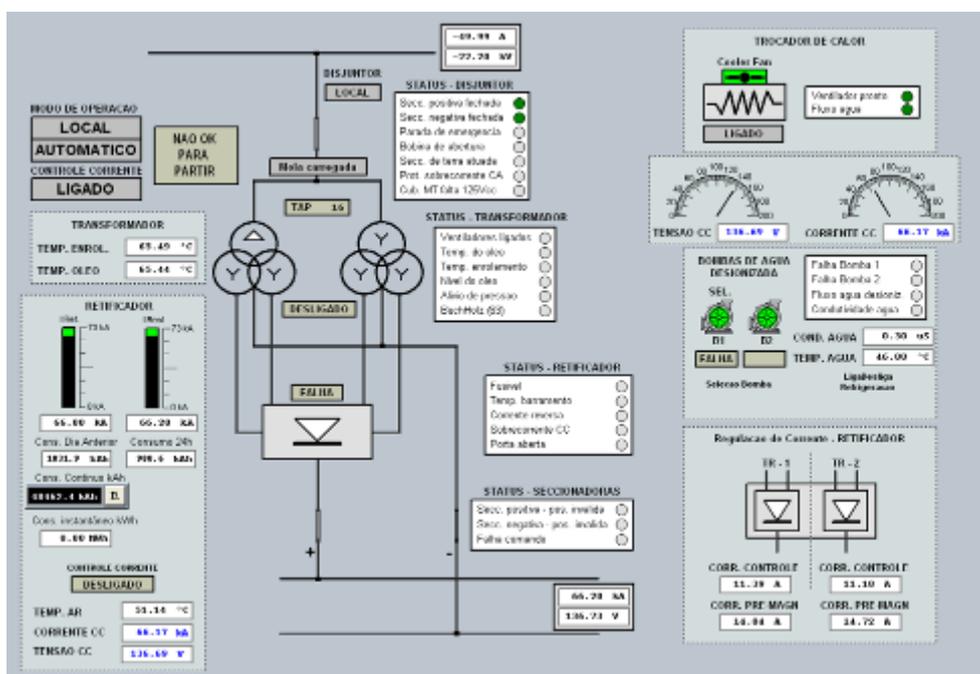


Figura 2. Retificador.

Uma alimentação contínua de eletrólito de zinco/ácido de temperatura controlada é suprida à célula para o processo de eletrodeposição de zinco por meio de um circuito de transferência de líquido. O zinco do eletrólito é parcialmente removido sendo este aquecido pela reação química na célula antes de transbordar da mesma para dentro de tubos e calhas de retorno. Uma vez a cada 24/16 horas, metade dos catodos é removida das células e substituída por catodos de alumínio. As folhas de zinco resultantes depositadas nos catodos são estripadas e enviadas para a fundição de zinco. Os cátodos de alumínio estripados são limpos e tornados disponíveis para uso posterior nas células.

Os anodos são removidos das células para limpeza (remoção de MnO<sub>2</sub>) e desempenam um ciclo de aproximadamente 20 dias a 40 dias (Figura 3). A

remoção da lama do fundo das células é feita aproximadamente a cada 21 dias a 25 dias.

Equipamentos especiais de suporte e procedimentos operacionais permitem a completa manutenção e operação sem interrupção da corrente ou da produção de zinco.<sup>(2)</sup>

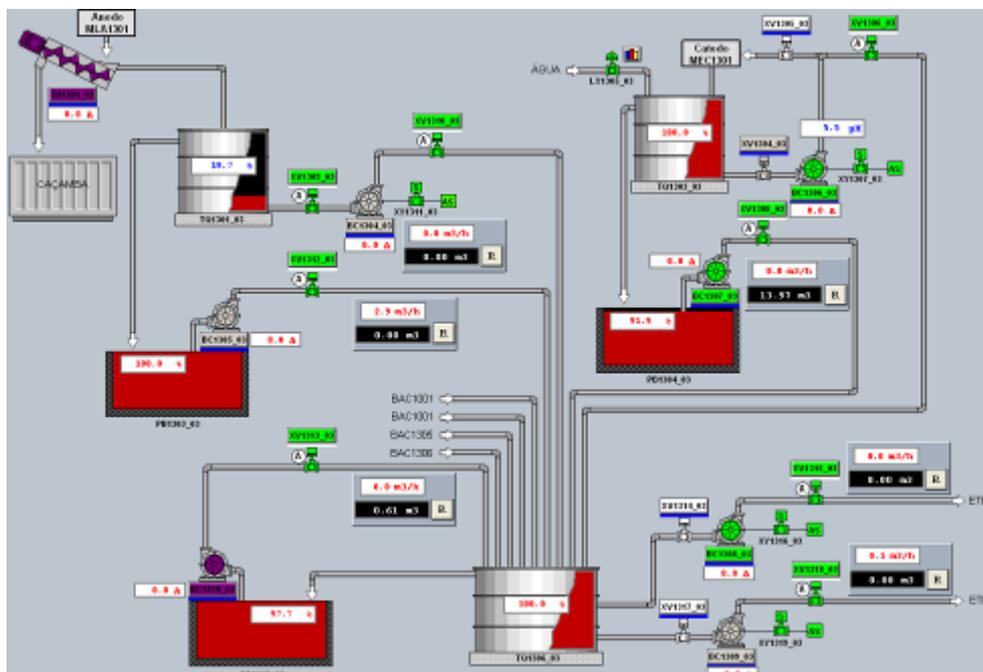


Figura 3. Limpeza dos ânodos.

## 2.1 Células Eletrolíticas

No projeto proposto, o zinco é extraído eletroliticamente do eletrólito e depositado sobre catodos de alumínio puro de 2,5 m<sup>2</sup> na sala de eletrolise. Os perfis laterais dos catodos ficam firmemente presos ao catodo de alumínio.

As células eletrolíticas estão dispostas em um circuito elétrico de duas baterias de 20 células conectadas em série. Transformadores-retificadores situados em um lado da sala de eletrólise e um sistema de barramento servem ao circuito. As células são ligadas em série, enquanto que o sistema anodo/catodo em cada célula ficam ligados em paralelo.

Os contatos dos eletrodos ficam perfeitamente ajustados sobre as barras equipotenciais. O espaçamento de 90 mm cátodo a cátodo é permanentemente garantido por meio do ponto fixo no centro da célula e pelas guias longitudinais do sistema.

As células são projetadas com um sistema de alimentação de eletrólito que distribui uniformemente o eletrólito através da seção transversal das células por meio de dois tubos flexíveis que ficam situados na extremidade frontal de cada uma das células.

As células são projetadas com espaço adequado para o escoamento de eletrólito entre os eletrodos e as paredes da célula e com profundidade adequada para garantir que os sólidos suspensos se depositem no fundo da célula abaixo dos eletrodos.<sup>(2)</sup>

## 2.2 Sistema de Circulação de Eletrólito e de Resfriamento

O circuito de transferência do eletrólito tem condições de:

- receber a adição de eletrólito purificado rico em zinco (solução purificada) proveniente da planta de purificação (Figura 4);
- promover a circulação de eletrólito através das células;
- controlar a temperatura do eletrólito pela recirculação do mesmo através das Torres de Resfriamento Atmosférico (TRAS) para remover o calor gerado pela corrente de eletrólise das células; e
- o retorno do eletrólito exaurido para a operação de lixiviação.

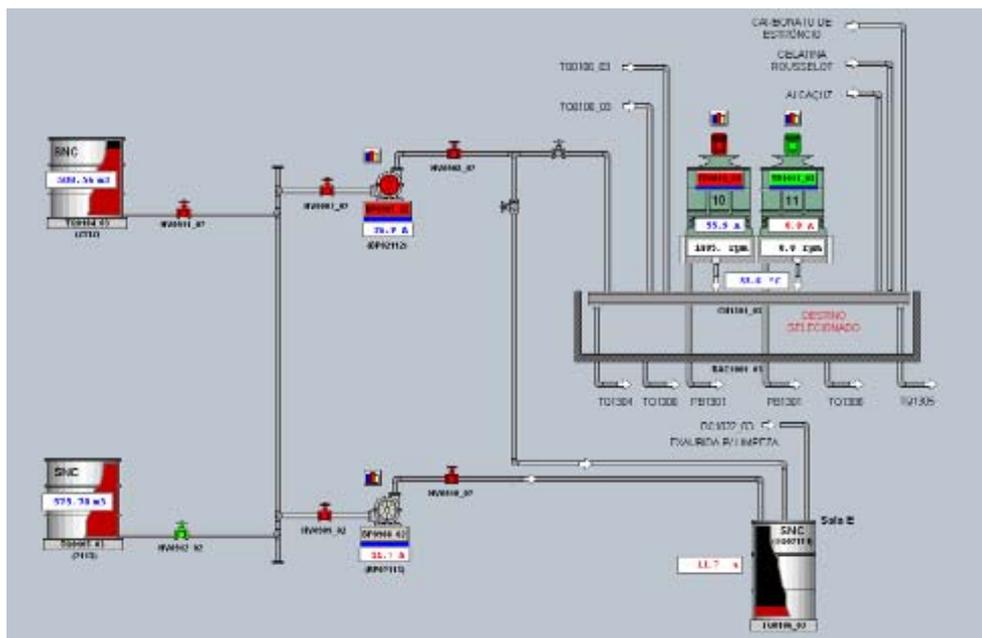


Figura 4. Purificação.

O sistema compreende bombas de velocidade variável, calhas, tubos, bordas de overflow, torres de resfriamento, tanques de armazenamento/de coleta (para recolher fluxos provenientes de parada devido a pico de energia) e sensores de controle. A solução purificada é bombeada para a calha de overflow das torres de resfriamento a partir de um tanque. São adicionadas as quantidades necessárias de reagentes. A temperatura do eletrólito na entrada da célula é de 32°C a 33°C. O aumento de temperatura do eletrólito depende da densidade de corrente. O eletrólito resfriado proveniente das torres de resfriamento é coletado nas bacias de concreto das torres de resfriamento e enviado para a “calha de overflow”. Escoa, então, via tubos para os tanques de alimentação da sala de eletrólise.

O eletrólito é distribuído a partir destes tanques localizados em cada extremidade das calhas de alimentação via dois tubos conectados a cada célula. O sistema é projetado para distribuir a vazão global de eletrólito de projeto uniformemente para todas as células.

Do lado de saída das células, o eletrólito escoa através de uma caixa de overflow para dois tubos conectados à calha de saída do overflow. Um sistema de calhas ao longo dos lados da sala de eletrólise coleta o eletrólito exaurido e o direciona para o tanque principal de circulação.

Parte do eletrólito exaurido escoa a partir do tanque principal de circulação para o tanque de eletrólito exaurido e é então bombeado para os tanques de

armazenamento de eletrólito exaurido, e destes retorna para a lixiviação (Figura 5 e Figura 6). O volume maior de eletrólito é recirculado para as torres de resfriamento. Existe uma bomba por Torre de Resfriamento Atmosférico e uma outra de reserva.<sup>(2)</sup>

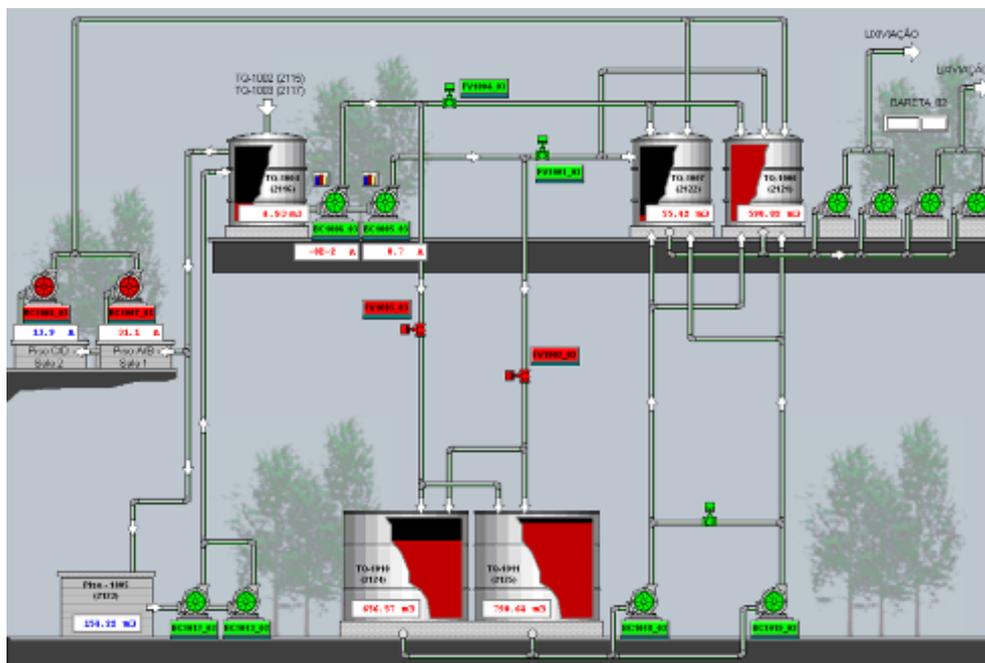


Figura 5. Exaurida.

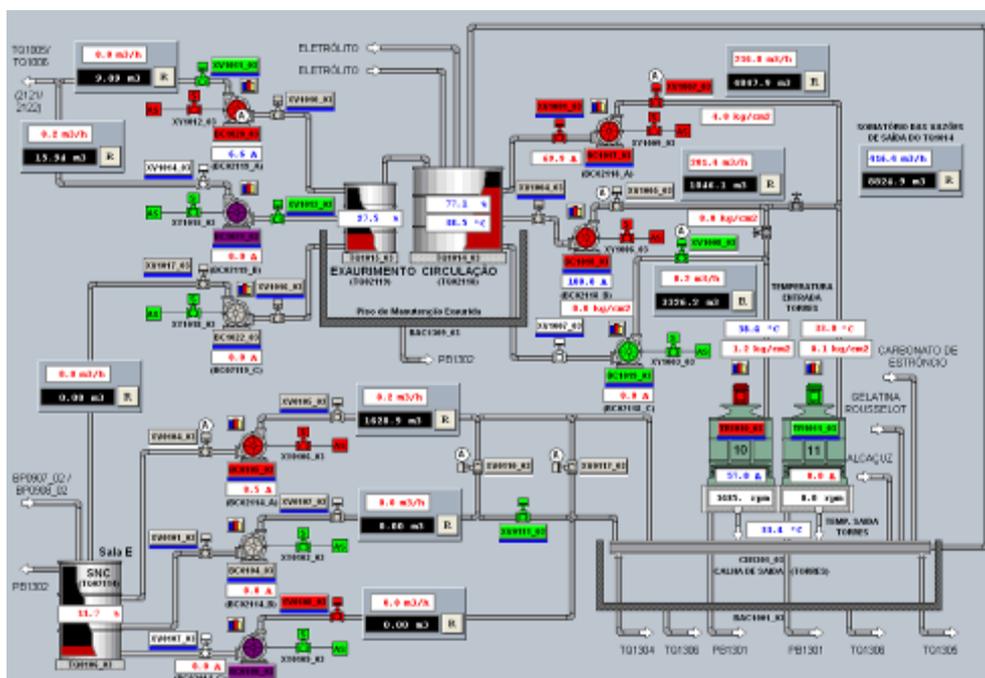


Figura 6. Exaurida 2.

### 2.3 Manutenção das Células

Devido às quedas de temperatura nas linhas que alimentam a célula, existe uma tendência de cristalização de gesso nas paredes do sistema de alimentação.

Do lado do overflow das células, os tubos de coleta são superdimensionados e dois tubos estão conectados à calha principal de recolhimento de solução de cada caixa

de overflow da célula. A manutenção deste sistema de tubulação é mínima devido à pequena quantidade de cristais acumulada em comparação com a do circuito de alimentação. A limpeza da calha de coleta ocorre tipicamente a cada 2 anos pela abertura das tampas e utilizando água sob pressão elevada para remover sólidos ou cristais. O escoamento de sólidos e líquidos é coletado, então, nos tanques de circulação.

Os tubos de alimentação e as calhas de alimentação devem ser limpos com maior frequência quando for observado aumento do nível nas calhas. O escoamento de sólidos e líquidos é coletado, então, nas células.

As células têm que ser limpas a cada 21 a 25 dias. Operação de limpeza é realizada introduzindo a mangueira flexível do dispositivo de limpeza das células por sucção (à vácuo) através dos tubos de limpeza instalados nas células (2).

## 2.4 Utilidades

Alem de energia elétrica, os processos da sala de eletrólise também requerem vapor, água industrial, água de resfriamento, ar de processo e ar de instrumentação (Figura 7 e Figura 8).

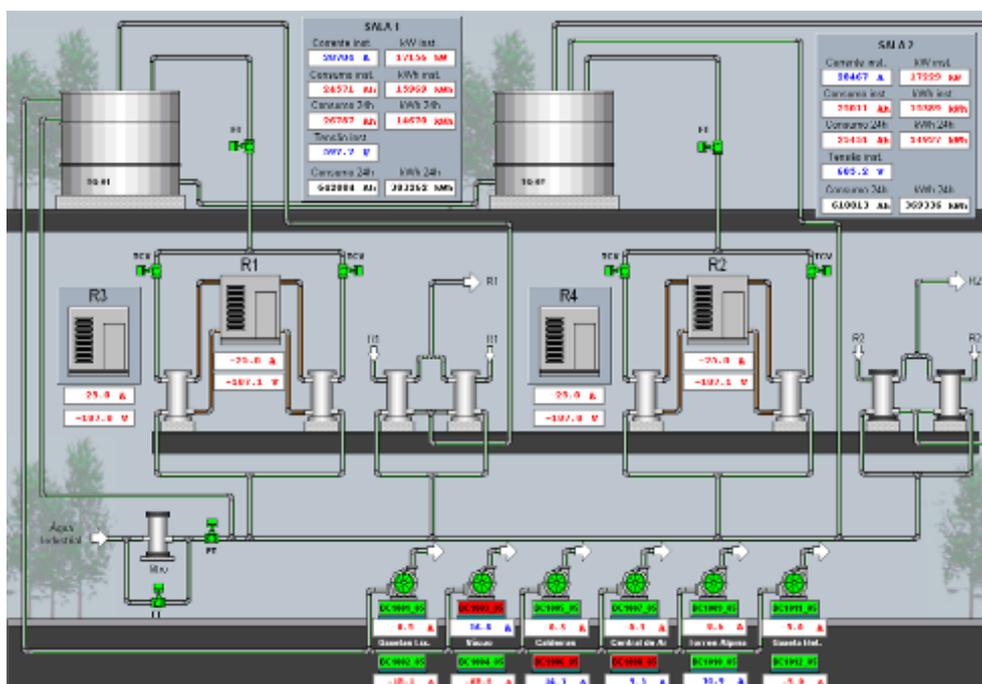


Figura 7. Utilidades 1.

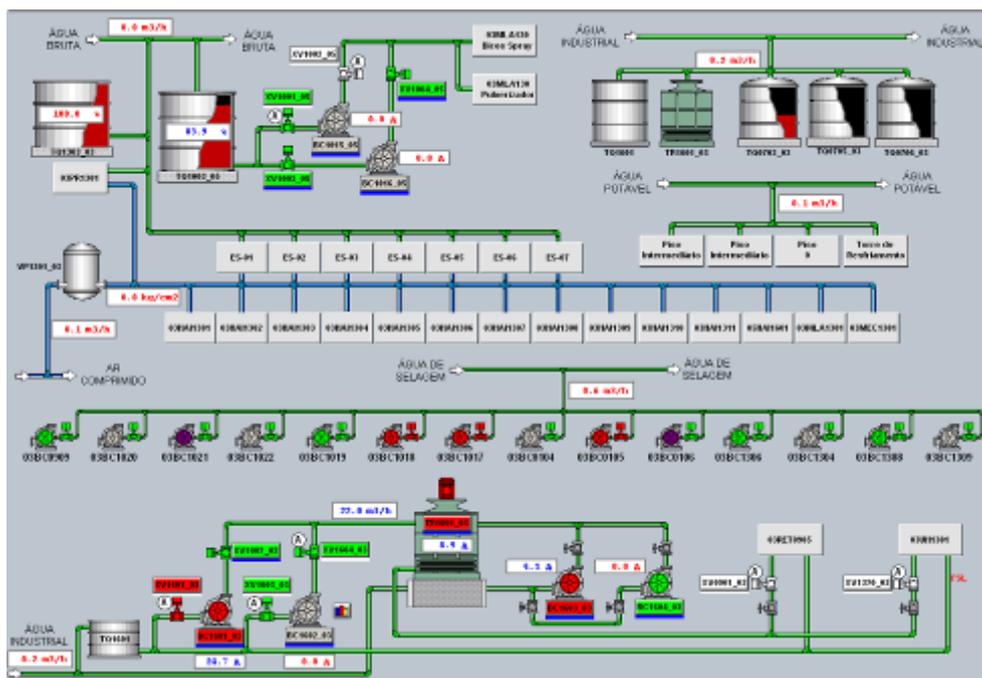


Figura 8. Utilidades 2.

### 3 CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO

O projeto compreende o desenvolvimento do sistema de controle de três novas máquinas de eletrólise, uma máquina para condicionamento dos anodos, uma máquina de stripping dos anodos e uma ponte para transporte dos anodos e catodos entre as máquinas. O sistema foi desenvolvido baseado na filosofia cliente servidor, utilizando a plataforma Controllogix para controle, utilizando o software RSLogix5000 para desenvolvimento e Factory Talk View Studio SE para visualização e operação (Figura 9).

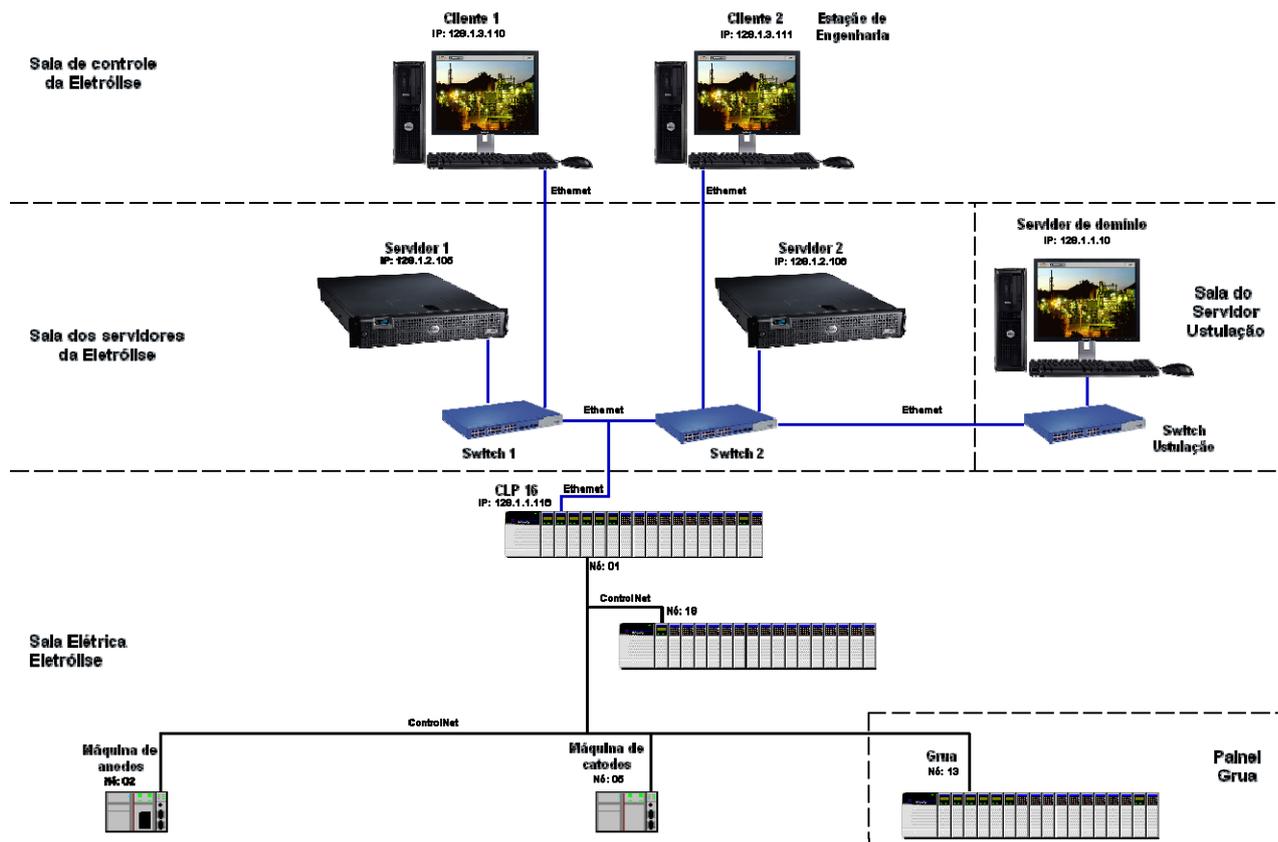


Figura 9. Configuração do sistema de controle e supervisão.

### 3.1 Controle e Instrumentação

Este nível 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 trabalha com as seguintes redes de comunicação:

- *Ethernet* – Comunicação com o sistema supervisor;
- *ControlNet* – Comunicação com remotas, controladores CompactLogix da área da eletrólise e demais controladores da planta;
- *DeviceNet* – Comunicação com relés e demais dispositivos inteligentes de acionamento; e
- *ModBus* – Unidades de proteção e medição pertencentes a área da eletrólise.

Todas as redes acima mencionadas comunicam com o controlador diretamente, sem a necessidade de gateways de comunicação. Para isso, são utilizados módulos de comunicação específicos para cada protocolo. O controlador comunica com seus respectivos servidores de supervisão através de redes padrão Ethernet 100 Mbps e entre servidores de outras áreas é utilizado padrão Ethernet 2 Gbps. Ambas possuem arquitetura redundante e utilizam cabos de fibra óptica para transmissões de longa distância. A comunicação do PLC master da Eletrólise com outros PLCs de outras áreas da planta é realizada através da rede ControlNET em arquitetura redundante podendo essa em alguns casos utilizar fibra óptica. Outra rede ControlNET em arquitetura comum é utilizada na comunicação do PLC com sua remota. Os demais sinais analógicos e digitais são gerenciados diretamente pelos seus respectivos cartões.

### 3.2 Supervisão e Operação

Neste nível o sistema foi desenvolvido utilizando a filosofia de cliente servidor. As estações servidoras coletam os dados diretamente do controlador master sendo essa a principal comunicação existente entre o nível de supervisão e controle. As estações servidoras disponibilizam as informações para as estações de operação e de engenharia provendo interação e sincronização entre as mesmas.

Todos os comandos e operações da planta são realizados através das estações de operação, que são a interface entre o usuário e os dispositivos de campo. As estações de operação estarão localizadas na sala de controle. Nesta sala o usuário tem acesso a todas as informações necessárias ao comando e supervisão do processo. Comunicando com as estações servidoras, tem-se ainda as estações de engenharia, que tem como objetivo principal a manutenção e inclusão de novos dispositivos no sistema tanto para o nível de supervisão quanto para o de controle.

### 3.3 Software

O sistema será desenvolvido utilizando os softwares:

- *RSLogix 5000 Enterprise Series* - É o software utilizado no desenvolvimento e configuração da plataforma Rockwell Automation Logix: ControlLogix®, CompactLogix®, FlexLogix®, SoftLogix5800® e DriveLogix®. Ele oferece suporte a norma IEC61131-3 (Relay Ladder, Structured Text, Function Block Diagram, and Sequential Function Chart) com um conjunto abrangente instruções que servem a vários tipos de aplicações. O RSLogix estará disponível na estação de engenharia para ajustes e aperfeiçoamentos.
- *FactoryTalk® Site Edition (SE)* – É uma IHM para a supervisão, vigilância e controle de aplicações, tem uma arquitetura distribuída e escalável que suporta aplicações distributed-server/multi-user, permitindo o máximo controle sobre as informações.
- *RSLinx™* - É um servidor de comunicação entre o chão de fábrica a uma enorme variedade de aplicações, tais como RSLogix™ 5/500/5000, RSView32, FactoryTalk® View Site Edition e FactoryTalk Transaction Manager. O RSLinx pode suportar múltiplas aplicações simultaneamente, comunicando uma variedade de dispositivos em diferentes redes.

Outros softwares como Anti-Vírus, Firewall e demais para uso em operação e manutenção também serão utilizados.

### 3.4 Estação de Operação

A estação de operação possui as telas gráficas de processo, telas de tendência em tempo real e histórico, telas de alarme do sistema e do processo, janelas móveis e faceplates dos TAGs de processo.

### 3.5 Estação de Engenharia

A estação de engenharia prove ao usuário ferramentas necessárias para configurar funções pertencentes aos controladores de campo e estações de operação.

### **3.6 Estação Servidora**

As duas estações servidoras são responsáveis por coletar os dados do PLC e disponibilizá-los para as estações cliente, em redundância a quente.

## **4 RESULTADOS**

Dentre os resultados do projeto, destaca-se a otimização da logística do processo, melhoria nos diagnósticos para equipe de manutenção e implementação do sistema de gerenciamento de ativos. O novo sistema também teve impacto direto e contundente no que se diz respeito a segurança da equipe de operação, uma vez que eliminou a necessidade da presença física do operador em ambientes de alta agressividade.

O segundo aspecto importante a ser ressaltado foi a capacitação da equipe técnica e gerencial envolvida no processo de implantação. A capacitação técnica da equipe envolvida permitiu extrair o máximo dos recursos disponibilizados pela tecnologia e garantir a rápida solução dos problemas, uma vez que o prazo para implantação da solução era restrito. A complexidade do projeto também exigiu o envolvimento de gerentes de projetos capacitados nas modernas técnicas de gerenciamento. Por último, o envolvimento e comprometimento da equipe da Votorantim Metais. O acesso fácil a profissionais capacitados e com amplo conhecimento sobre o processo foi fundamental para a rápida solução dos problemas.

## **REFERÊNCIAS**

- 1 VOTORANTIN. Zinco. Disponível em: <<http://www.vmetais.com.br/pt-br/negociosVM/zinco/Paginas/zinco.aspx>>. Acesso em: 20 abr. 2008.
- 2 Documento da Votorantim. Especificação técnica descrição do processo de eletrólise - Implementação da expansão de juiz de fora.