

## INTEGRAÇÃO DE INVERSORES DE FREQUÊNCIA NA ARQUITETURA DE UM SISTEMA DIGITAL DE CONTROLE DISTRIBUÍDO

Renan Mainardes<sup>1</sup>, Lucas Belório de Castro<sup>1</sup>, Rodrigo Pita Rolle<sup>1</sup>, Wagner Endo<sup>2</sup> e Marcos Banheti Rabello Vallim<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Emails: [renanmainardes@outlook.com](mailto:renanmainardes@outlook.com), [lucas.bc.lyb@gmail.com](mailto:lucas.bc.lyb@gmail.com), [rprole@live.com](mailto:rprole@live.com).

<sup>2</sup> Dr., Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Emails: [wendo@utfpr.edu.br](mailto:wendo@utfpr.edu.br), [mvallim@utfpr.edu.br](mailto:mvallim@utfpr.edu.br).

### 1 INTRODUÇÃO

Atualmente os processos industriais possuem diversos protocolos de comunicação, formando assim várias redes de comunicação para cada nível do processo industrial, desde o gerenciamento, à supervisão e aos dispositivos de campo.

Um exemplo de dispositivo de campo são os motores de indução trifásicos que acionam bombas, sensores, dentre outros elementos do chão de fábrica. Uma das formas de controlar esses motores são os inversores de frequência que também podem ser utilizados para a coleta de dados de sensores.

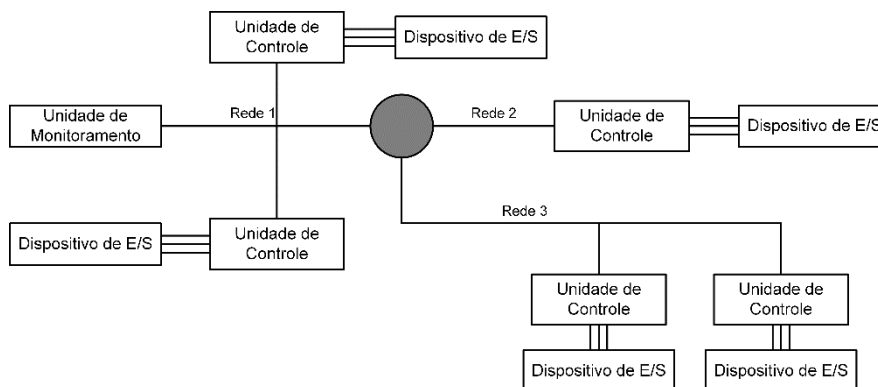
O problema, no entanto, consiste em se encontrar meios de interligar de forma física e lógica esses equipamentos em uma arquitetura robusta e flexível mesmo com a variedade de tecnologias e fabricantes existentes. Visando resolver tal problema, encontra-se neste trabalho a proposta de integração de inversores de frequência na arquitetura de um sistema digital de controle distribuído, assim interligando os equipamentos à supervisão e ao controle.

### 2 MATERIAL E MÉTODOS

#### 2.1 Sistemas Digitais de Controle Distribuído

A crescente demanda por eficiência e produtividade levou ao desenvolvimento de sistemas de controle abrangentes, capazes de gerenciar maiores aplicações industriais com a distribuição das tarefas de controle entre vários elementos de processamento. Neste contexto surgiram os Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD), que se caracterizam pela presença de unidades de controle espalhados ao longo do barramento de comunicação de campo, o que flexibiliza a manutenção e reduz os custos de cabeamento. Estes sistemas tipicamente apresentam equipamentos de monitoramento, controle e possibilitam o uso de elementos redundantes. A estrutura típica de um SDCD caracteriza-se pelo uso de uma unidade de monitoração, unidades de controle e dispositivos de campo.

Figura 1-Sistema Digital de Controle Distribuído



Em um SDCD, como mostrado na Figura 1, o controle não é concentrado em um dispositivo central, mas distribuído em estações remotas. A estação central (unidade de monitoração) não é um elemento essencial a continuidade da operação, mas um dispositivo com intuito de facilitar e oferecer maiores recursos para a interface com o operador.

Os avanços desse sistema em relação a outros que usam computadores para o controle de processos industriais consistem em meios variados de comunicação, implementação mais completa para sistemas abertos (não proprietários), flexibilidade completa para topologias de rede e ferramentas de desenvolvimento mais simples para utilização do operador (MORAES, 2007).

## 2.2 Inversores de Frequência

São chamados de inversores de frequência os dispositivos eletrônicos capazes de controlar a variação de velocidade de motores de indução. Por meio deste dispositivo, é possível controlar e monitorar parâmetros do motor como tensão, corrente, torque, tempo de aceleração e desaceleração (MASCHERONI, 2009). O inversor de frequência é um dos principais dispositivos da automação industrial e seu uso tem contribuído consideravelmente para a otimização de plantas fabris (ACKERMAN, 1992).

No contexto do SDCD deste trabalho, estes dispositivos representam as unidades de controle. O modelo a ser utilizado é o inversor de frequência CFW-11, produzido pela fabricante brasileira WEG. Este equipamento dispõe de uma função de regulação com ação de controle proporcional-integral derivativa (PID), estratégia amplamente utilizada no controle de variáveis de processo.

## 2.3 Sistemas Supervisórios

Pode-se definir sistemas supervisórios como sistemas digitais de monitoração e operação da planta que gerenciam variáveis de processo, de modo que são atualizadas continuamente e podem ser guardadas em bancos de dados locais ou remotos para fins de

registro histórico (MORAES, 2007). O propósito de um sistema supervisório é prover ao usuário a capacidade de monitorar e exercer controle sobre variáveis de processo com intuito de confirmar se suas performances estão de acordo com as diretrizes tomadas (CAPELLI, 2006).

O sistema supervisório implementado nesta plataforma representa a unidade de monitoração de um SDCD, no qual *tags* de comunicação são utilizadas para receber e enviar dados aos equipamentos de campo. Cada *tag* deve especificar o endereço do equipamento, o tipo de operação e o número do registrador a ser acessado.

## 2.4 Protocolos de Comunicação Industrial

Por definição, um protocolo é um conjunto de regras sobre a comunicação entre os elementos de uma rede industrial e sua escolha depende da aplicação. Na integração proposta neste trabalho, optou-se pelo protocolo *Modbus* RTU devido à sua flexibilidade. Este é um dos mais antigos protocolos usados em redes industriais para aquisição de sinais de instrumentos e comando de atuadores através de portas seriais. Pelo fato de ser um protocolo aberto, é utilizado em milhares de equipamentos e é uma das soluções mais economicamente viáveis em automação industrial (LAGE, 2009).

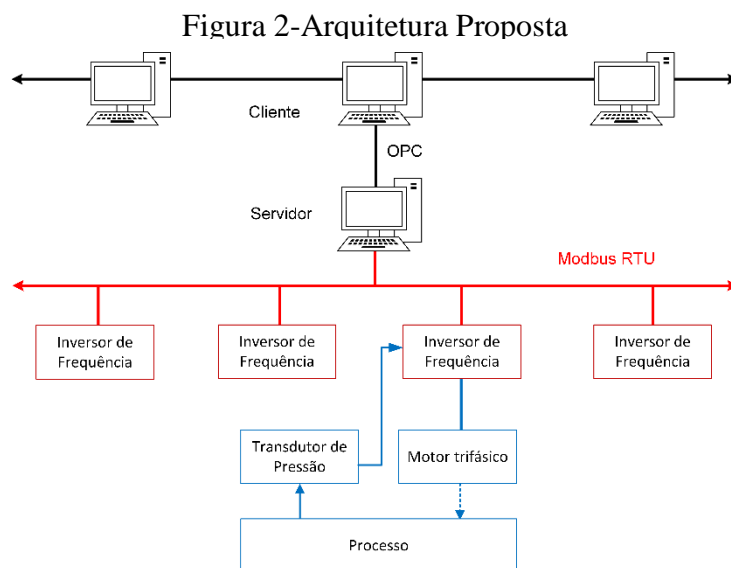
Trata-se de um protocolo de comunicação do tipo mestre-escravo, onde os escravos são usualmente controladores lógicos programáveis e os mestres são sistemas supervisórios (NOGUEIRA, 2009).

No contexto do SDCD representado neste trabalho, o sistema supervisório se comunica com os inversores de frequência por meio deste protocolo utilizando mensagens do tipo *unicast*, ou seja, é enviada uma requisição para um escravo definido e este deverá retornar uma resposta para o mestre.

Os servidores OPC (acrônimo inglês para OLE for *Process Control*) são softwares executados em plataforma Microsoft que fornecem uma interface para aplicações em dispositivos contendo padrão de comunicação proprietário. A vantagem do OPC é a utilização da arquitetura cliente/servidor. O cliente, que pode ser uma interface homem-máquina na sala de controle ou uma aplicação de PC, somente precisa reconhecer uma interface para obter dados de qualquer dispositivo (LOPEZ, 2000).

## 2.5 Arquitetura Proposta

Para cumprir os objetivos deste trabalho, a arquitetura proposta para a plataforma de aplicação é mostrada na Figura 2. Nela tem-se a integração de equipamentos de fabricantes e tecnologias distintas, com a finalidade de monitorar e controlar determinadas variáveis de processo através de um atuador acionado por um inversor de frequência.



O uso de um sistema supervisor possibilita acesso facilitado às variáveis de parametrização do inversor de frequência e a gestão dos dados do sistema, tornando possível a implementação de um servidor OPC e, quando necessário, bancos de dados, gestão de alarmes e logs.

O inversor de frequência utilizado é capaz de atuar também como um CLP, que realiza a aquisição dos dados das variáveis de processo e é capaz de processar esses dados executando ações de sequenciamento, aritmética e funções lógicas.

A supervisão do sistema, por sua vez, é realizada através de um servidor capaz de se comunicar com diversos clientes, com o propósito de viabilizar o monitoramento do processo por qualquer computador que esteja conectado na mesma rede. Os protocolos de comunicação utilizados são o *Modbus* RTU na aquisição dos dados dos inversores pelo servidor e o OPC na comunicação entre o servidor e os clientes.

## 2.6 Cenário de Aplicação

Com a finalidade de demonstrar a aplicabilidade da arquitetura proposta no desenvolvimento de sistemas integrados de controle e automação de processos industriais, foi elaborado um cenário de uso abrangendo o uso de inversores de frequência ligados a redes de supervisão com a finalidade de controlar variáveis de processo.

Figura 3-Montagem da arquitetura proposta para o cenário de uso.

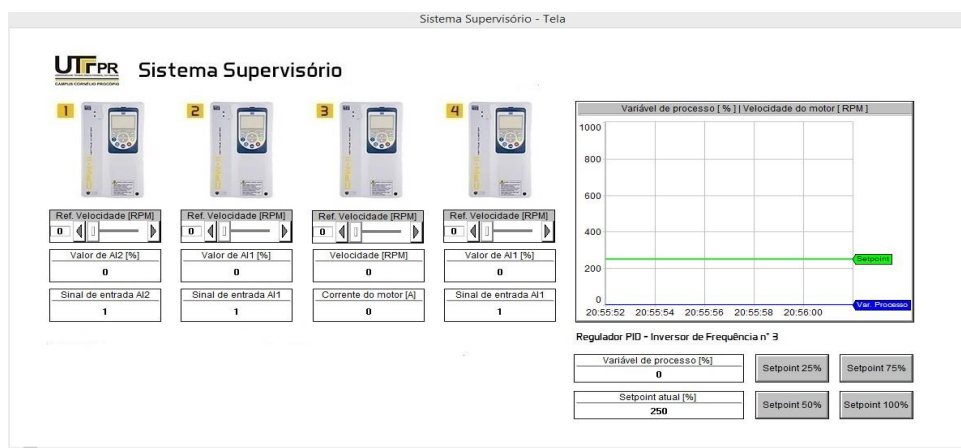


O cenário escolhido é apresentado na Figura 3. Nele é utilizado um motor de indução trifásico como atuador e um transdutor de pressão ligado a uma bomba de aferição, de forma a simular um processo no qual a pressão é a variável de processo. Uma vez que não houve disponibilidade para a utilização de um vaso de pressão real, as variações foram simuladas na bomba de aferição de forma a provocar as ações de controle PID. Girando-se a válvula em sua extremidade, obtém-se variação da pressão imposta aos instrumentos de medição. O inversor de frequência deve, com base nas informações de pressão provenientes do transdutor, aumentar ou diminuir a velocidade do motor de forma a manter a variável de processo (pressão) no *setpoint* previamente estabelecido. A ação de controle calculada pelo inversor de frequência é baseada na implementação de um controle PID.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base no cenário de uso apresentado, foi desenvolvido um sistema supervisório, apresentado na Figura 4, que permite a leitura e escrita de variáveis em tempo real nos inversores de frequência. A interface do sistema deve ainda possibilitar o monitoramento em tempo real das variáveis velocidade do motor e pressão medida.

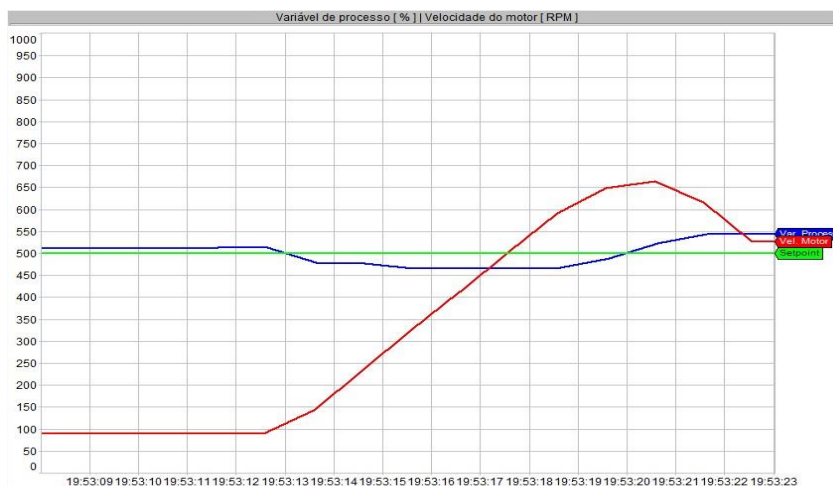
Figura 4 - Sistema supervisório para monitoração de variáveis de processo.



Com base nessa interface foram realizados ensaios para verificar o funcionamento da arquitetura, visando demonstrar o funcionamento do regulador PID do inversor e sua comunicação com o sistema supervisor. Nestes ensaios, têm-se o transdutor de pressão enviando sinais de corrente contínua padronizados de 4 a 20 mA, que são equivalentes à pressão medida na escala de 0 a 20 kgf/cm<sup>2</sup> para o inversor de frequência.

O objetivo da ação de controle é manter os níveis de pressão dentro do valor de referência determinado como percentual da pressão máxima do sistema. Assim, enquanto a pressão medida pelo sensor é igual ou maior à referência, o motor atua com velocidade mínima, neste caso definida em 90 rotações por minuto. Quando a pressão medida é inferior ao valor de referência, o motor começa a acelerar até que a pressão se eleve novamente.

Figure 5 -Regulador PID atuando com setpoint de 50%.



O sistema supervisor criado apresenta um gráfico associando a velocidade do motor (com linha traçada em vermelho), o status da variável de processo medida (com linha traçada em azul) e também o valor de referência escolhido (com linha traçada em verde). A Figura 5 apresenta a execução da estratégia de controle implementada. Uma queda de pressão provoca a aceleração do motor até que a pressão aumente novamente. Após este aumento, o motor torna a desacelerar.

#### 4 CONCLUSÕES

Neste artigo é proposta e implementada uma solução de hardware e software para controle local e remoto de motores de indução, no qual o inversor de frequência apresenta o duplo papel de implementar um controlador PID e acionar o motor de indução trifásico utilizado como atuador do processo. Este mesmo inversor, conectado ao sistema supervisor através do protocolo *Modbus* RTU, torna-se remotamente parametrizável e fornece informações sobre as variáveis de processo para os dispositivos de supervisão. A gestão dos dados obtidos do processo também é facilitada, uma vez que os dados do servidor OPC podem



ser disponibilizados para clientes conectados à rede de comunicação local ou também clientes remotos, através da Internet.

Evidencia-se a possibilidade combinar diferentes equipamentos e protocolos de comunicação para executar o controle e a supervisão de processos industriais. Constata-se também a utilidade de se representar e registrar variáveis graficamente em ambientes de supervisão e controle. Através de tal recurso, a análise de falhas é facilitada, uma vez que é possível constatar visualmente o momento da ocorrência de um determinado problema e o impacto provocado a outras variáveis.

## 5 REFERÊNCIAS

ACKERMAN, W. J., BLOCK, W. R. **Understanding supervisory systems. Computer Applications in Power.** IEEE. New Jersey, v. 5, n. 4, p 37-40, oct. 1992.

CAPELLI, A. **Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos.** São Paulo: Érica, 2006.

LAGE, F. S. **Comunicação industrial.** 2009. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia, Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

LOPEZ, R. A. **Sistemas de redes para controle e automação–rede industrial, tecnologias de controle, meios de transmissão, modelo OSI, redes FIELDBUS industriais, sistemas residenciais e rede ethernet.** Editora Book Express, 276 p. (2000).

MASCHERONI, J. M., et al. **Guia de aplicação: inversores de frequência.** 2009.

MORAES C. C. CASTRUCI, P. L. **Engenharia de automação industrial.** Rio de Janeiro: LTC, 2007.

NOGUEIRA, T. A. **Redes de comunicação para sistemas de automação industrial.** 2009. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia, Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.