

CONTROLE AUTOMÁTICO DE UM FORNO TUBULAR PARA PROCESSAMENTO DE MATERIAIS METÁLICOS

C.J.C. Santos

Departamento Acadêmico de Tecnologia Industrial – CEFET-RN
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN
E-mail: cjuliasantos@yahoo.com.br

C.M.A. Andrade

Departamento Acadêmico de Tecnologia Industrial – CEFET-RN
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN
E-mail: cristian.araujo@gmail.com

J.M. Lourenço

Departamento Acadêmico de Tecnologia Industrial – CEFET-RN
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN
E-mail: magner@cefetrn.br

J.A. Lima

Departamento Acadêmico de Tecnologia Industrial – CEFET-RN
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN
E-mail: anchieta@cefetrn.br

RESUMO

Tanto nos sistemas de produção do setor industrial, quanto em laboratórios de análise a automação vem conquistando espaço, seja pela busca de resultados mais rápidos e confiáveis ou pela diminuição dos custos associados ao processo que este método proporciona. Em processos industriais a temperatura de fornos, caldeiras ou outros equipamentos é um parâmetro de grande importância e bastante freqüente nas mais variadas linhas de produção, sendo um fator determinante na qualidade dos produtos, pois uma vez existindo erros de operação desta variável pode-se comprometer um lote inteiro de peças. Neste trabalho é proposta a construção de um sistema de aquisição e controle de temperatura para um forno resistivo que será utilizado para processamento de materiais metálicos. Todo o controle e supervisão são realizados via software, permitindo ao usuário a opção por controle manual ou automático, onde são definidas configurações como rampas de aquecimento e patamares de temperatura. Foi utilizado como atuador um motor de passo, que modifica o valor da potência entregue ao forno através de uma fonte de tensão ajustável. Como sensor de temperatura foi empregado um termopar tipo K, complementando o sistema em malha fechada e possibilitando o monitoramento e modificação da variável.

PALAVRAS-CHAVE: Forno Resistivo, Aquisição e Controle, Interface de Controle e Supervisão, Automação.

1. INTRODUÇÃO

Tanto nos sistemas de produção do setor industrial, quanto em laboratórios de análise a automação vem conquistando espaço, seja pela busca de resultados mais rápidos e confiáveis ou pela diminuição dos custos associados ao processo que este método proporciona. Em processos industriais a temperatura de fornos, caldeiras ou outros equipamentos é um parâmetro de grande importância e bastante freqüente nas mais variadas linhas de produção, sendo um fator determinante na qualidade dos produtos, pois uma vez existindo erros de operação desta variável pode-se comprometer um lote inteiro de peças. Neste trabalho é proposta a construção de um sistema de aquisição e controle de temperatura para um forno resistivo que será utilizado para processamento de materiais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para melhor entendimento deste trabalho o sistema foi dividido em quatro módulos, são eles: forno tubular, interface de aquisição, interface de controle, e sensor e atuador. Na figura 1 é mostrado um esquema do sistema e seus acessórios para sua automatização, tendo-se desta forma uma visão geral do processo de controle de temperatura. Cada módulo foi testado separadamente para em seguida serem integrados.

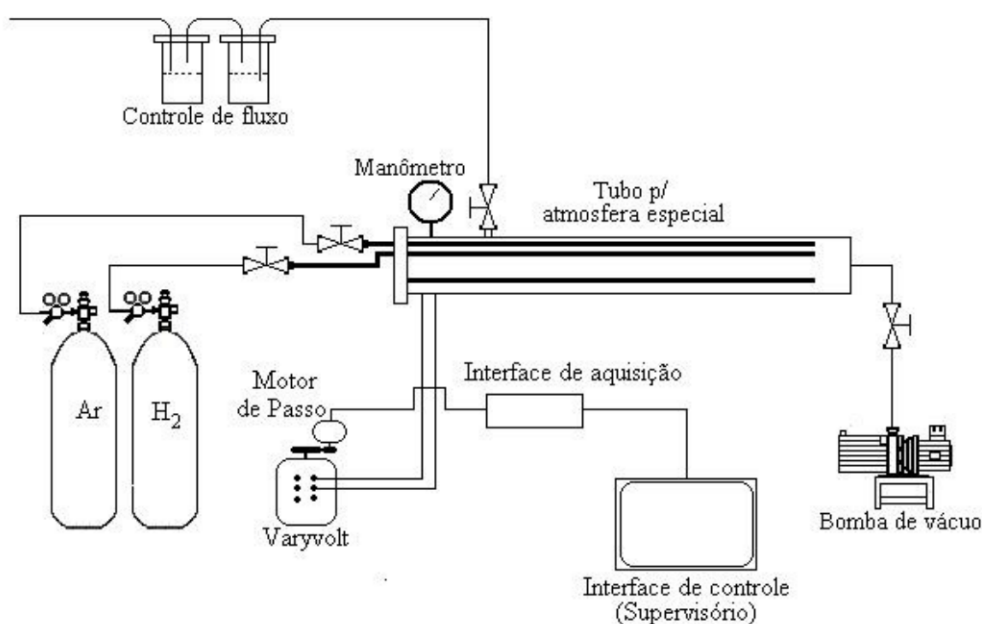


Figura 1 – Esquema do forno tubular e seus acessórios para automatização

2.1 Forno Tubular

A necessidade de se processar materiais metálicos em atmosfera especial de hidrogênio ou outros gases é de significativa importância para indústria de processamento, ou simplesmente para pesquisa científica básica. Para estas situações a indústria de processamento de materiais utiliza algumas atmosferas especiais para proteger - reduzir óxidos - as superfícies externas das amostras metálicas, são elas: gás inerte, hidrogênio, dióxido de carbono, nitrogênio e vácuo. Portanto, para este fim foi desenvolvido um forno tubular, como mostrado na figura 2, para processamento de materiais metálicos utilizando hidrogênio ou argônio como atmosfera especial. O equipamento deve manter estanqueidade evitando, desta forma, vazamentos do gás para manter a atmosfera especial. O tubo principal deste forno foi confeccionado de aço inox AISI 304 com diâmetro de 80 mm e 800 mm de comprimento.

Em uma de suas extremidades foi construída uma tampa do mesmo material com fechamento submetido a aperto e vedada com anel de borracha. Foram mantidas aberturas para entrada e saída dos gases, para evacuação do sistema e para o sensor de temperatura do tipo K. Todas as válvulas utilizadas têm diâmetro de $\frac{1}{4}$ " do tipo fecho rápido conectadas a tubulação de aço inox AISI 304 com mesmo diâmetro. A fonte de calor foi obtida a partir de um resistor do tipo Kanthal com potência da ordem de 2000 W conectada a um variador de voltagem (VariVolt) com gama de medição de 0 a 220 V (Veras, 2005).

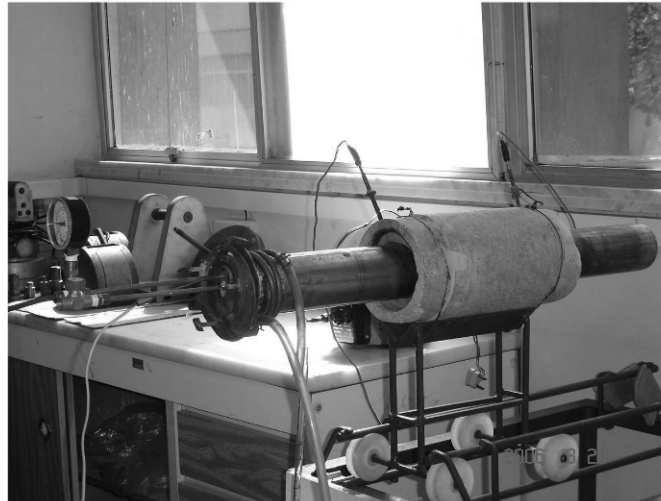


Figura 2 – Vista do forno tubular (Veras, 2005).

2.2 Interface de Aquisição

A interface de aquisição de temperatura proposta neste trabalho usa apenas um amplificador operacional do tipo OP07 que se encarrega de ampliar o sinal advindo do termopar e torná-lo compatível com a leitura do conversor A/D de 8 bits (ADC 0804), que é responsável pela conversão dos sinais analógicos em digitais. O conversor ADC0804 converte um sinal analógico em um correspondente dado digital de 8 bits (D0 a D8), que pode ser interpretado e processado via *software*, com resolução de 0,019 V. O nível de tensão da entrada analógica pode variar de 0 a 5 V. O tempo de conversão é de 100 μ s (Helfrick e Cooper, 1994).

A interface proposta faz uso de poucos e pequenos componentes eletrônicos, o modo de comunicação de dados se dá através de um conector DB25 “macho” de um cabo de comunicação paralela, bastante empregado em impressora (Gaião et al., 2004).

Depois de amplificado, um sinal de 0 a 5 V é enviado ao conversor ADC0804 da *National Instruments*. Os valores de bits do conversor variam de 0 a 255, sendo possível coletar 256 valores diferentes de tensão com precisão de 19,5 mV. A figura 3 mostra um esquema do circuito do conversor.

Para acionamento do motor de passo se fez uso de um hardware específico, o ULN 2003, que nada mais é que *arrays de transistores Darlington* que podem controlar correntes de até 500 mA, estão em forma de circuitos integrados prontos para serem usados em interfaces que necessitem controlar motores de passos, solenóides, relês, motores DC e muitos outros dispositivos (Messias, 2004).

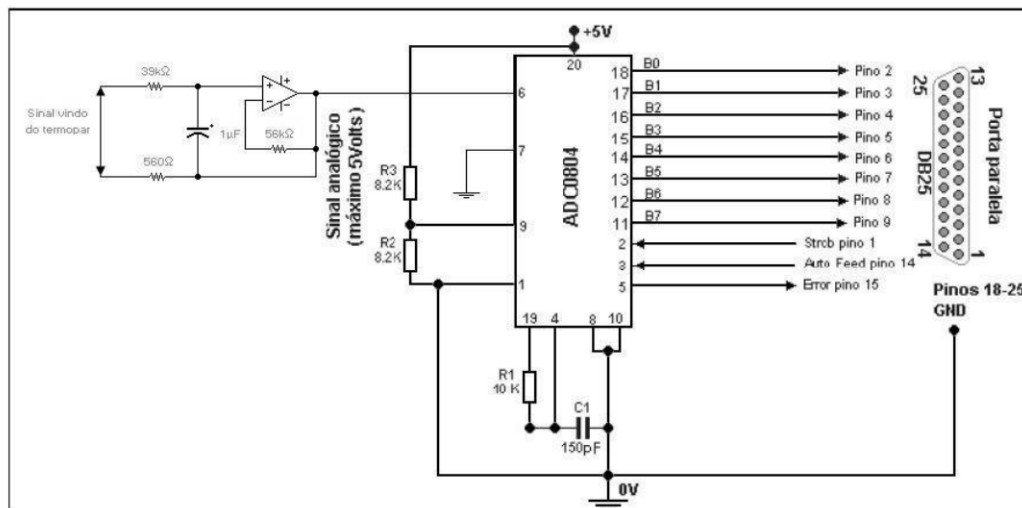


Figura 3 – Circuito amplificador e conversor.

Na figura 4 é visualizado os circuitos de aquisição de temperatura e de controle do motor de passo, ambos montados em uma placa de testes de circuito do tipo *Print-on-Board* do fabricante *Gubintec*.

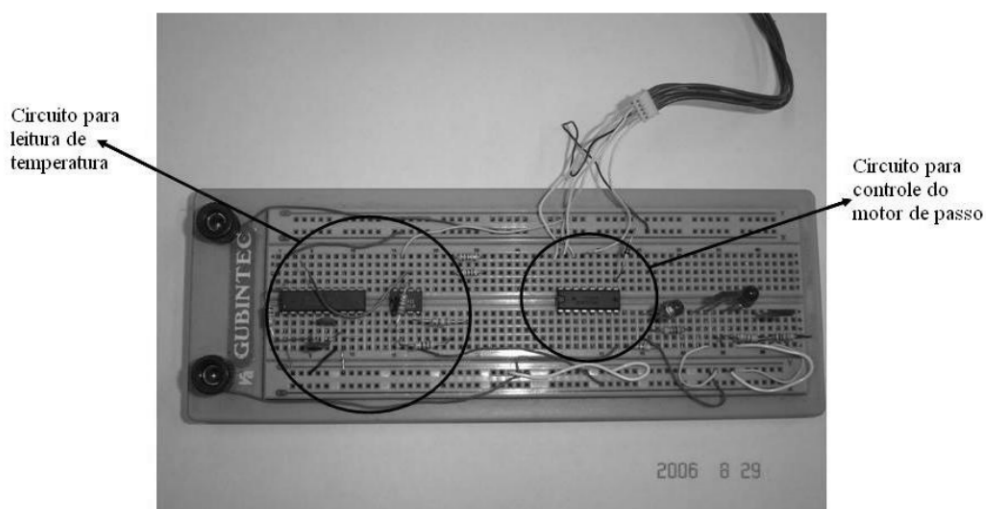


Figura 4 – Interface de aquisição e controle do atuador.

2.3 Protocolo de Comunicação

Levando em consideração, principalmente, a velocidade de aquisição de dados, este sistema teve por base o uso da interface paralela de um microcomputador. A Porta paralela é uma interface de comunicação entre o computador e

um periférico. Há alguns anos quando a comunicação paralela foi desenvolvida, a idéia era conectar a essa Porta uma impressora, mas atualmente, são vários os periféricos que se utilizam desta Porta para enviar e receber dados para o computador. Para que fosse possível receber e enviar dados através dos pinos de dados, operou-se no modo EPP (*Enhanced Parallel Port*). Na figura 5 é mostrado um esquema da DB25 utilizada neste trabalho, assim como a disposição de seus pinos e o sentido do tráfego de dados no modo EPP. Na figura 6 é possível visualizar as direções de tráfego dos dados em relação ao computador.

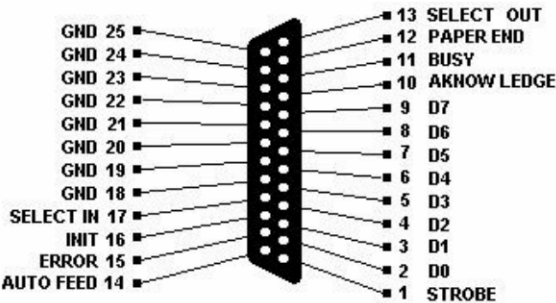


Figura 5 – Disposição dos pinos na interface DB25.

DIREÇÃO DOS DADOS EM RELAÇÃO AO COMPUTADOR	
MODO SSP	MODO EPP
<div>STROBE</div> <div>AUTO FEED</div> <div>INIT</div> <div>SLCT IN</div> <div>SAÍDAS</div>	<div>WRITE</div> <div>DATA STROBE</div> <div>ADDR STROBE</div> <div>RESET</div> <div>SAÍDAS</div>
<div>D0</div> <div>D1</div> <div>D2</div> <div>D3</div> <div>D4</div> <div>D5</div> <div>D6</div> <div>D7</div> <div>SAÍDAS</div>	<div>D0</div> <div>D1</div> <div>D2</div> <div>D3</div> <div>D4</div> <div>D5</div> <div>D6</div> <div>D7</div> <div>DADOS BI-DIRECIONAL</div> <div>SAÍDAS</div> <div>ENTRADAS</div>
<div>ACKNOWLEDGE</div> <div>BUSY</div> <div>PAPER END</div> <div>SLCT OUT</div> <div>ERROR</div> <div>ENTRADAS</div>	<div>INTERRUPT</div> <div>WAIT</div> <div>ENTRADAS</div>

Figura 6 – Direção de tráfego dos dados em relação ao computador.

2.4 Sensor e Atuador

A atuação no varivolt pode ocorrer de duas maneiras, são elas: manual ou automaticamente. Um motor de passo modelo PM55L-048 do fabricante *Minebea* foi utilizado para atuar no varivolt, fazendo a variação de voltagem necessária para o aumento da potência na resistência do forno seja feita sem interferência humana, ou seja, de forma automática. Com o aumento da potência na resistência haverá um conseqüente aumento do calor dissipado por efeito Joule para dentro do tubo principal do forno. Para medição da temperatura do forno foi utilizado um sensor (termopar) do tipo K – Chromel-Alumel. Um termopar é um simples sensor de temperatura que consiste de dois materiais diferentes em contato térmico. O contato térmico também chamado de ponta quente pode ser feito pela junção ou solda destes dois materiais. A operação do termopar é baseada na combinação de efeitos termoelétricos que produz uma tensão de circuito aberto quando duas junções são mantidas em temperaturas

diferentes (Brunetto e Barbosa, 2003). A tensão gerada pelo sensor de temperatura é enviada a interface de aquisição para ser monitorada pela interface de controle e supervisão. Na figura 7 é mostrado o atuador, o variador de voltagem (varivolt) e o sensor de temperatura.



Figura 7 – Elemento de atuação: motor de passo; elemento aquecedor: varivolt e sensor: termopar.

Todo o controle e supervisão são realizados via *software*, permitindo ao usuário a opção por controle manual ou automático, onde são definidas configurações como rampas de aquecimento e patamares de temperatura.

2.5 Interface de Controle e Supervisão

Foi desenvolvido um programa de controle e supervisão de temperatura para o forno resistivo descrito neste trabalho, conforme mostrado na figura 8, a fim de manter esta variável “temperatura” em patamares adequados. Este programa atua em um sistema de malha fechada através de um controle do tipo flutuante, modificando a variável sempre que esta se desvia do valor pré-determinado pelo operador, garantindo o que os materiais a serem processados mantenham seus resultados próximos do esperado, com o mínimo de erros.



Figura 8 – Interface de controle e supervisão.

O uso do programa é bastante simples, o usuário deve inicialmente acessar a opção “controle do processo” e configurar os patamares de temperatura do processo. Em cada patamar de temperatura o usuário deve definir três parâmetros, são eles:

- *Taxa de aquecimento*: Esse parâmetro vai determinar a velocidade de comutação das bobinas do motor de passo, a fim de controlar a velocidade de aquecimento do forno tubular;
- *Temperatura do processo*: Esse parâmetro vai identificar a temperatura em que o forno tubular deve parar de aquecer e receber as informações do novo patamar de temperatura;
- *Tempo de permanência*: Esse parâmetro funcionará como um relógio, indicando ao programa o tempo em que o sistema deve ficar inerte antes de receber as informações do novo patamar de temperatura.

Após determinar os patamares de temperatura, o usuário deve informar ao sistema a temperatura ambiente e em seguida iniciar o processo de aquecimento do forno.

3. RESULTADOS

Os quatro módulos deste sistema - forno tubular, interface de aquisição, interface de controle, e sensor e atuador – foram testados isoladamente, porém, a integralização do conjunto ainda não foi disponibilizada para análise de resultados. No momento, está sendo confeccionado o sistema de redução de força para acoplamento do motor de passo ao variador de tensão (varivolt). O forno resistivo foi testado manualmente, ou seja, o aumento da potência fornecida ao resistor foi feita com interferência humana. A curva temperatura (°C) versus tempo (s) para o ensaio realizado é mostrada na figura 9, onde se tem uma função linear sem patamar de permanência em determinada temperatura.

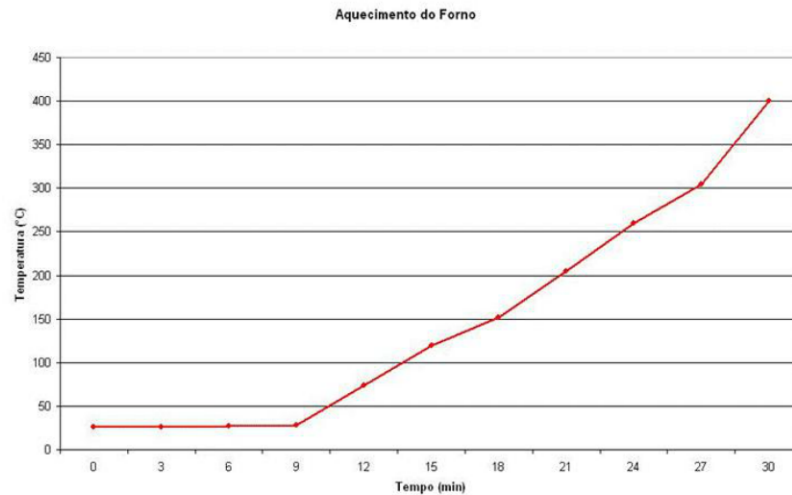


Figura 9 – Curva Temperatura (°C) versus Tempo (s)

3. CONCLUSÃO

A seguir são mostradas algumas conclusões sobre o forno resistivo descrito neste trabalho, são elas:

- *Baixo custo de fabricação do forno resistivo, com atmosfera especial;*
- *Baixo custo da interface eletrônica, quando comparado com àquelas existentes no mercado;*
- *Software desenvolvido com os conhecimentos adquiridos nesta instituição e de fácil uso;*
- *Software compatível para qualquer processo que envolva controle e aquisição de temperatura.*

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brunetto, J. R. e Barbosa, L. R. R. **Sistema de controle de temperatura de caldeira**. Relatório Técnico Final. Curitiba. 2003.

Helfrick, A. D., Cooper, W. D.; **Instrumentação Eletrônica Moderna e Técnicas de Medição**. Rio de Janeiro. p. 324. 1994.

Gaião, E. N., Medeiros, E. P., et al.; **Uma Interface *Lab-Made* para Aquisição de Sinais Analógicos Instrumentais Via Porta Paralela do Microcomputador.** Química Nova, Vol. 27. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. 2004.

Messias, A. R.; **Curso Online C/C++ Porta Paralela.** 2004.

Veras, M. M. **Construção e viabilidade de um forno para processamento de materiais metálicos em atmosfera de hidrogênio.** Iniciação Científica - Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio G Norte. 2005.