



20º POSMEC

SIMPÓSIO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Desenvolvimento e montagem de um sistema de monitoramento térmico com aplicação em um processo industrial

Autores

*Bruno Henrique Oliveira MULINA
Valério Luiz BORGES
Rogério Lima Mota de OLIVEIRA*

Orientador:

Solidônio Rodrigues de Carvalho

O propósito deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema de monitoramento que permita a medição e análise em tempo real da temperatura em processos industriais tais como: fornos destinados ao tratamento térmico de chapas metálicas e vidros laminados, alto-fornos, caldeiras de usinas de álcool e açúcar, fornos de produção de carvão vegetal, entre outros.

Em tais processos industriais a medição e o controle da temperatura permitem aprimorar a qualidade final dos produtos, reduzir o consumo excessivo de combustíveis, certificar o produto e minimizar a dependência da subjetividade humana durante a produção.

Por se tratar de um sistema para uso industrial, o mesmo deve ser robusto, resistente à intempéries, de baixo custo e montagem simples e flexível conforme as necessidades da empresa.

Neste trabalho, o sistema de medição é dividido em servidor, central, sensores e comunicação. A divisão do sistema em blocos facilita a montagem e auxilia na análise e identificação de falhas internas, intrínsecas a cada bloco do mesmo.

A Figura (1a) apresenta um esquema do sistema instalado em um forno industrial destinado à produção de carvão vegetal, enquanto a Fig. (1b) apresenta a arquitetura dos hardwares e softwares envolvidos.

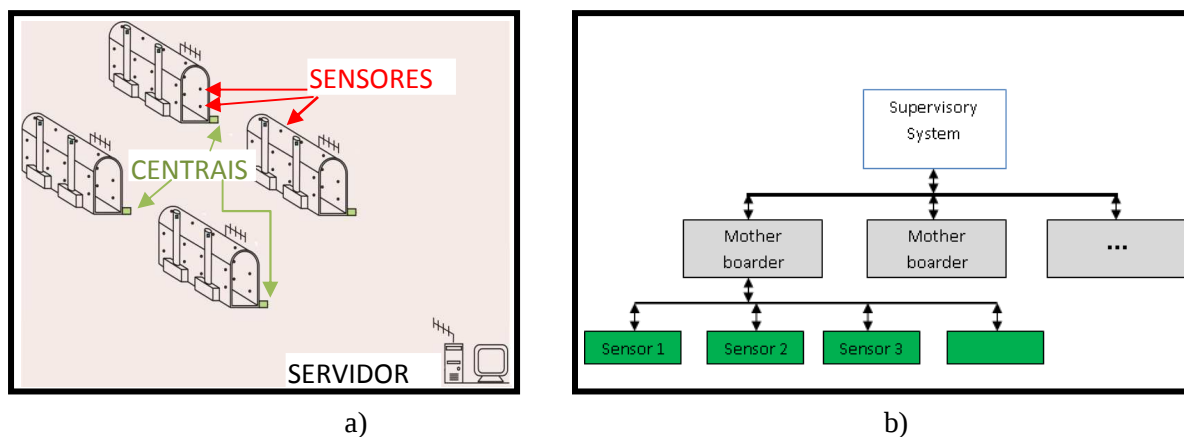


Figura 1: a) Modelo do sistema instalado; b) Estrutura do sistema

O servidor é baseado em um microcomputador com software de controle e gerenciamento do sistema. O servidor conecta à placa mãe (também chamada de central) usando a comunicação wireless, sem fio, com alcance de até 10km. As temperaturas são apresentadas na forma de mapas térmicos (isotermas) e gráficos individuais envolvendo temperatura e tempo. O software armazena os resultados na forma de um banco de dados o que permite a análise de históricos de ciclos de produção. A Fig. (2) apresenta o mapa térmico para um dado ciclo e os gráficos de temperatura em pontos específicos do forno, conforme a data e horário de aquisição.

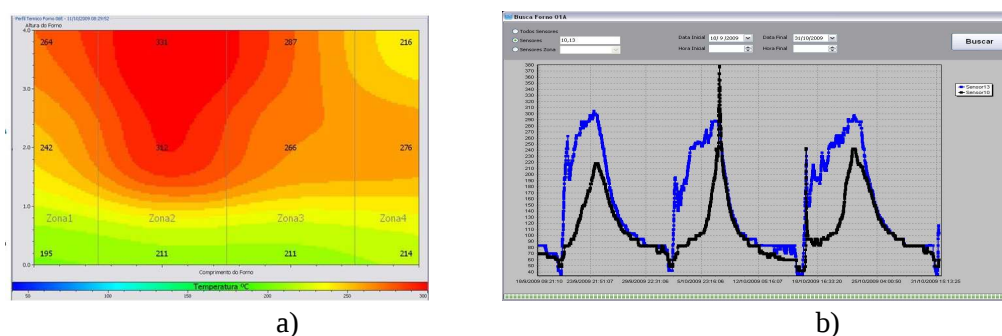


Figura 2: a) Perfil térmico gerado pelo software;

b) Temperaturas em pontos específicos conforme a data e horário de aquisição.

Uma central ou placa mãe é instalada em cada forno cuja função é controlar os sensores, e ter autonomia, em caso de ausência de energia ou erro no servidor, para continuar adquirindo os dados de temperatura e armazená-los em um *SDcard* ou *pendrive*. Tal característica do sistema evita a perda de dados e permite que as informações armazenadas sejam recuperadas automaticamente quando a conexão for restabelecida. Para tanto, cada central conta com uma bateria a fim de manter o funcionamento da placa mãe e sensores de temperatura por até 10 dias ininterruptos.

As funções da central são geridas por um microcontrolador, o que permite flexibilizar as funções por ela realizadas de acordo com a necessidade. Assim, atualizações do código podem ser implantadas em campo, por meio de um *notebook*, o que reduz custos. A Fig. (3) apresenta uma foto da central instalada em um forno destinado à produção de carvão vegetal.



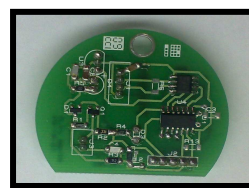
Figura 3: Central instalada (versão de teste)

A quantidade de sensores térmicos, por sua vez, depende de cada processo industrial, assim, outra característica da central é a facilidade de adaptá-la para qualquer quantidade de sensores.

Normalmente os sensores são os componentes mais numerosos e espera-se como característica robustez e capacidade de suportar as altas temperaturas e atmosferas encontradas em chão de fábrica. No sistema proposto neste trabalho, adotou-se o sensor térmico encontrado comercialmente RTD PT100 (Fig. 4a). O mesmo possui estrutura em aço inox e uma região definida como “cabeça” propícia para a instalação de um circuito eletrônico capaz de ler os dados medidos pelo PT100. Neste caso, desenvolve-se um circuito (Fig. 4b) capaz de tratar o sinal medido pelo sensor, eliminando ruídos externos, e enviá-lo à central de forma digital. Ressalta-se que o circuito foi confeccionado de forma a se adaptar na cabeça do PT100.



a)



b)

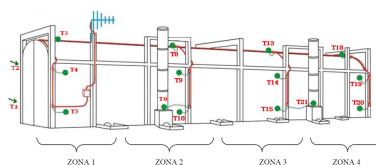
Figura 4: a) Sensor comercial RTD PT100; b) Circuito de controle e leitura desenvolvido neste trabalho para atuar no PT100

Para interligar os sensores à central, e esta ao servidor, adotou-se neste trabalho diferentes tipos de comunicação. A comunicação entre os sensores e a central é feita cabos, por meio da norma elétrica RS-485, robusta em ambientes agressivos. A ausência de fios na comunicação entre o servidor e a placa mãe facilita a instalação, e reduz o custo com a passagem de fios. No caso desenvolvido, essa escolha também reduz a manutenção do sistema, pois os cabos passariam no meio da planta produtiva, correndo risco de máquinas e operários danificar os fios ou ocasionar choques elétricos.

O sistema descrito foi instalado em quatro fornos de produção de carvão vegetal localizados na cidade de Vazante, Minas Gerais. Tais fornos pertencem a Votorantim Siderurgia, que possui uma linha de produção de carvão com setenta e dois fornos capazes de produzir individualmente 20 toneladas de carvão.



a)



b)

Figura 5: a) Forno de alvenaria modelo RAC220; b) Disposição dos sensores através do forno

Os resultados atingidos estão dentro do esperado e as falhas identificadas foram corrigidas em campo o que comprova a robustez e versatilidade do sistema desenvolvido ao longo deste trabalho. Os campos térmicos monitorados ao longo de diversos ciclos de produção são o tema principal de vários trabalhos técnico-científicos, tais como: Oliveira (2009), Carvalho (2009), Junior (2010) e Mulina (2010);

Como características adicionais do sistema de monitoramento térmico, citam-se a o baixo custo de montagem e instalação em relação aos similares disponíveis no mercado e o fato do sistema ser customizado conforme a necessidade de cada empresa.

Referências

OLIVEIRA, R. L. M. ; FIGUEIRA JUNIOR, E. A. ; PESSOA, J. S. ; MULINA, B. H. O. ; CARVALHO, S. R. **Análise térmica e do rendimento gravimétrico em fornos de produção de carvão vegetal.** In: VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2010, Campina Grande - Pb. Anais do VI CONEM, 2010. v. 1. p. 1-10.

MULINA, B. H. O. ; OLIVEIRA, R. L. M. ; BORGES, V. L. ; SILVA, E. P. ; CARVALHO, S. R. . **Development of a supervisory system to measure the temperature inside charcoal kilns.** In: COBEM 2009, 2009, GRAMADO. Anais do COBEM 2009, 15 a 20 de Novembro de 2009. v. 1. p. 1-10

OLIVEIRA, R. L. M. **Instrumentação e análise térmica do processo de produção de carvão vegetal.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2009.

MULINA, B. H. O. ; OLIVEIRA, R. L. M. ; BORGES, V. L. ; CARVALHO, S. R. . **Instrumentação térmica aplicada ao processo de produção de carvão vegetal em fornos de alvenaria,** Anais do MERCOFRIO 2010, ASBRAV, 20 a 23 de Outubro de 2010, Porto Alegre – RS. p. 10.

OLIVEIRA, R. L. M., MULINA, B. H. O. ; JUNIOR, E.A. F., PESSOA, J.S.; ; CARVALHO, S. R. . **Analysis of the thermal profiles and the charcoal gravimetric yield in three variations of rectangular brick kilns.** Anais do 13º Encit, 05 a 09 de Dezembro de 2010, Uberlândia – MG, 2010. p. 10.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Faculdade de Engenharia Mecânica
Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica
www.posgrad.mecanica.ufu.br