

## MELHORIA DA EFICIÊNCIA DE FORNOS ATMOSFÉRICOS APÓS AVALIAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

ROBERTA ALVES MEDINA<sup>1</sup> e LUIS FILIPE FREITAS DA SILVA DE JESUS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IFBA, Salvador-BA, robertaamedina@hotmail.com;

<sup>2</sup>MSc. em Engenharia, Prof. DEPEQ, IFBA, Salvador-Ba, luisfilipe@ifba.edu.br;

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
Palmas/TO – Brasil  
17 a 19 de setembro de 2019

**RESUMO:** O presente trabalho explora a mudança de estratégia de controle implementada nos fornos atmosféricos de uma unidade de destilação objetivando que todos os ramais de carga dos fornos sejam mantidos, à mesma temperatura, controle que era feito manualmente pelo operador de painel. Essa medida visa otimizar a unidade industrial, maximizando o rendimento do processo e os lucros financeiros. Além do aumento do rendimento, a estabilidade do processo também apresenta melhora significativa. Após implementação da nova estratégia de controle de temperatura dos fornos, o aumento de eficiência energética da unidade foi avaliado em 5%, o que representa elevado ganho no contexto energético geral da refinaria.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle de processos; controlador PID; sintonia de controladores; malhas de controle; destilação;

### IMPROVEMENT IN THE EFFICIENCY OF A DISTILLATION PLANT AFTER CHANGES IN THE CONTROL STRATEGY OF ATMOSPHERIC FURNACES TEMPERATURE

**ABSTRACT:** The present work explores the changes in the control strategy implemented in the atmospheric furnaces of a distillation plant so that all the branches of the furnaces are automatically brought to the same temperature, a control that was done manually by the panel operator. This change aims to optimize the plant, maximizing the process yield and the financial profits. In addition to the increase in yield, the process stability also shows significant improvement. The increase in energy efficiency of the unit was evaluated at 5%, which represents a lot in the general energy context of the refinery.

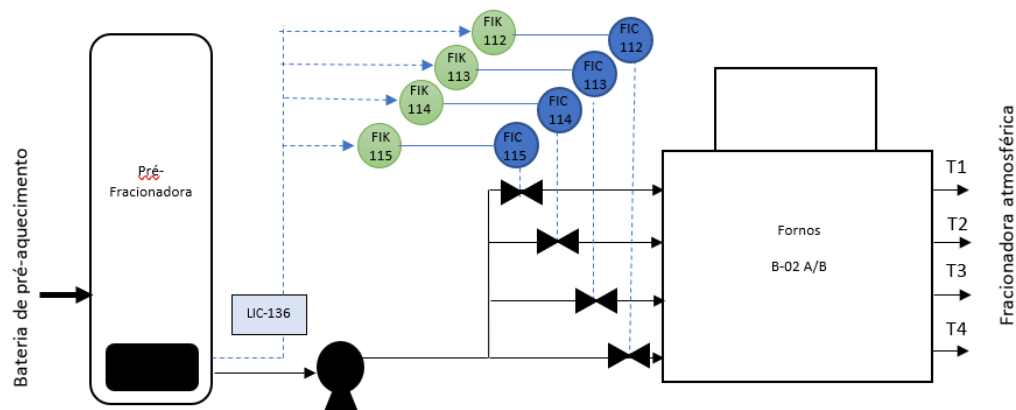
**KEYWORDS:** process control; PID controller; controller tuning; control meshes; distillation.

### INTRODUÇÃO

Os fornos são o coração de uma unidade de destilação visto que deles provém o calor que possibilita a separação das diferentes frações, nesse caso, do petróleo. De toda a energia consumida em uma refinaria de médio porte, 75 a 80% é originado da queima de combustíveis em fornos e caldeiras (FERRAZ, 2008).

Para proporcionar uma uniformidade na temperatura da corrente que sai do forno e alimenta a torre atmosférica, e sem riscos de superaquecimento nas paredes dos tubos, denominadas temperaturas de *skin* ou *skin point*, é necessário o balanceamento da vazão de alimentação entre os 4 canais, denominados passes, em cada um dos 2 fornos atmosféricos. O propósito desta operação é fazer com que a temperatura de saída de cada ramal seja igual. Uma malha em cascata é utilizada para o controle da alimentação dos fornos atmosféricos, conforme Figura 1.

Figura 1-Esquema do controle cascata da alimentação dos fornos atmosféricos com o nível do fundo da torre pré-fracionadora



Fonte: Autoria Própria

O controle de vazão dos fornos (FIC-112 a 115 para o forno B-02A) atua em cascata com o controle do nível de fundo da torre pré-fracionadora (LIC-136). O controlador de nível do fundo da torre envia o *setpoint* para cada controlador de vazão dos ramais dos fornos a fim de manter o nível do fundo da torre controlado. Apesar do SP enviado pelo LIC aos FIC corresponder a valores iguais para cada ramal (vazão individual para cada ramal = vazão total saindo da torre /8 ramais; sendo 4 ramais de cada forno), a diferença de cotas das tubulações e as diferentes perdas de carga nos ramais geram caminhos preferenciais para a carga. Devido a essa não uniformidade, apesar de estarem submetidos à mesma carga térmica, a temperatura de saída de cada ramal é diferente da outra. Para solucionar este problema, o operador pode ajustar as vazões através dos FIK's que são defasadores de sinal que podem ter seus *setpoints* definidos entre 0 e 100%, essa porcentagem é multiplicada pelo *setpoint* do FIC, ajustando as vazões até que as temperaturas de saída dos ramais se igualem.

Fazer com que as temperaturas dos 4 ramais se igualem contribui para aumentar a média de temperatura dos fornos sem o risco de sobreaquecer um dos ramais e garantir a preservação física e mecânica do equipamento. O superaquecimento de um tubo pode causar seu rompimento, descamação ou empenamento ou coqueamento no interior dos tubos (UNIVERSIDADE PETROBRAS, 2008).

## MATERIAL E MÉTODOS

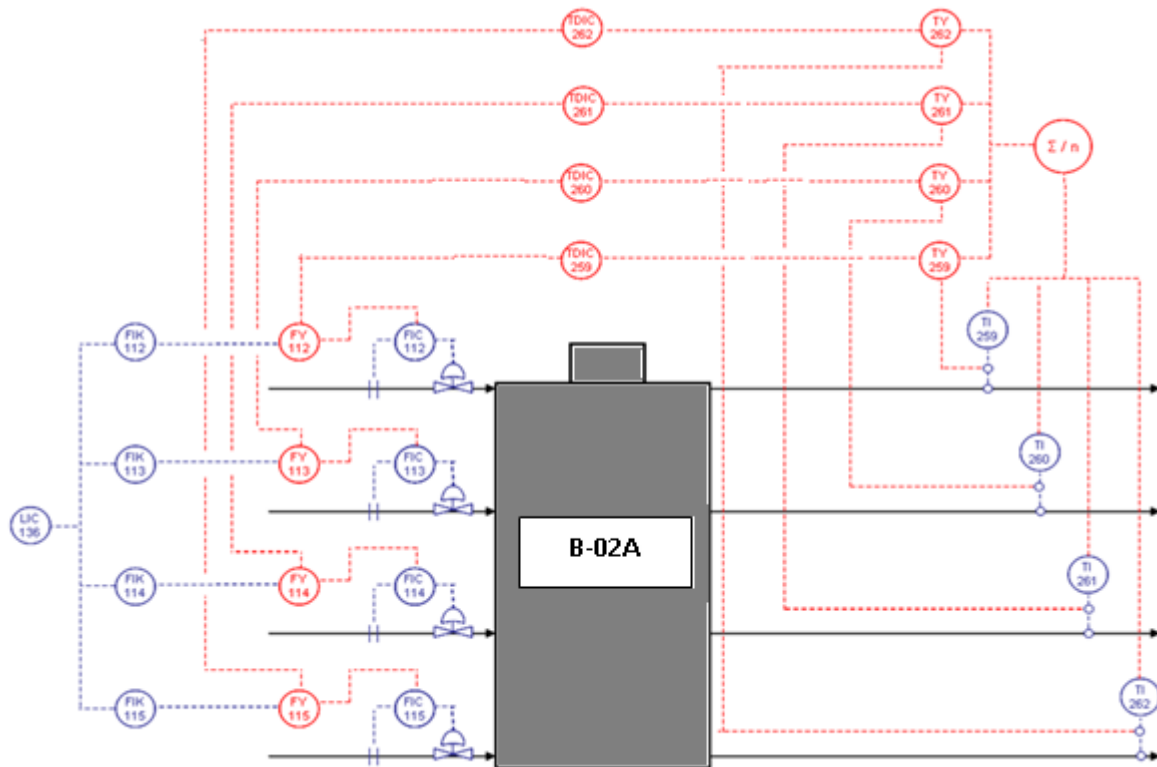
Os instrumentos na saída dos ramais funcionavam apenas como indicadores de temperatura (TI) para a qualquer sinal de descontrole ou necessidade de otimização o operador de painel pudesse atuar ajustando o *setpoint* através do ganho gerado pelos FIK. Na atual configuração, foram criadas novas malhas de controle diferencial de temperatura chamada TDIC. O objetivo dessa implementação foi fazer com que os ramais do forno ficassem balanceados ( $T_1 = T_2 = T_3 = T_4$ ) de forma automática, sem deixar o processo susceptível à atuação do operador baseada em experiência e intuição. A Figura 2 traz nas linhas em azul um esquema da forma de controle original dessa malha e as linhas em vermelho mostra o esquema do controle após da realização do trabalho aqui discutido.

A lógica implementada nos blocos de cálculo e controladores TDIC seguem a seguinte sequência:

- Efetuar a leitura individual da temperatura de saída de cada ramal pelos instrumentos TI-259 a TI-262;
- Calcular a temperatura média do forno B-02A;
- Subtrair o valor da temperatura individual do valor médio de temperaturas (blocos de cálculos TY-259 a TY-262) e essa diferença será o input dos controladores de diferencial de temperatura (TDIC-259 a TDIC-262), que terão *setpoints* iguais a zero;
- Efetuar incremento de vazão nos ramais através dos blocos FIC-112 a 114, até que as temperaturas de saída se igualem e a diferença entre a temperatura de saída de cada ramal e a média dessas seja zero.

Caso haja uma diferença entre as temperaturas, será gerado um sinal de desvio nos TDICs, com uma saída proporcional a este desvio que irá adicionar ou subtrair um *bias* (compensação) aos *setpoints* de vazão gerados pelos FIK-112 a FIK-115, de modo a ajustar a vazão de cada ramal com o objetivo de equalizar as temperaturas de saída.

Figura 1- Configuração implementada do balanceamento de passes do forno atmosférico B-02A (Análogo para o B-02B)



Fonte: Arquivo da empresa – Adaptado

Para realização do teste de sintonia dos controladores diferenciais de temperaturas:

- Foi observado que uma variação da temperatura de cada ramal para teste corresponderá aproximadamente  $\frac{3}{4}$  da variação de temperatura do balanceamento mantendo-se iguais as temperaturas nos demais ramais;
- Foi dado um degrau em malha aberta na MV da válvula de controle de vazão, sendo observada a resposta na PV de vazão e foi avaliada a diferença de temperatura do respectivo ramal;
- Através dos dados obtidos foi feita a caracterização/identificação do processo.

De acordo com a metodologia proposta para a primeira sintonia do sistema de balanceamento de temperatura dos fornos atmosféricos, obteve-se o resultado apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Registro dos testes em degrau realizado nos ramais dos fornos atmosféricos para os TDIC-260 e 261

Malha	Delta Vazão (m <sup>3</sup> /d)	Delta Temp. (°C)	3/4 Delta Temp. (°C)	Tempo Morto (s)	Const. tempo (s)	BP	Ti (s)
TDIC-260	55.00	2.00	1.50	120.00	180.00	130.00	180.00
TDIC-261	60.00	3.00	2.25	150.00	180.00	148.50	180.00

Fonte: Softwares utilizados pela empresa

Os valores de sintonia obtidos, para cada teste em cada TDIC podem variar devido a diversos fatores, sendo os mais predominantes nesse caso: variações na qualidade do degrau devido a diferentes *performances* dos elementos finais de controle, não linearidades no comportamento da válvula e pequenas diferenças na perda de carga a qual a vazão está submetido em cada ramal.

Os parâmetros de sintonia inicialmente escolhidos foram calculados utilizando o método do modelo interno de Skogestad como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Cálculo de Sintonia através do Método IMC

Método IMC (Skogestad, 2004)				
Tipo	$\lambda$	BP	Kp	Ti
PI	120	67,9	1,47	180,00

Fonte: Print de cálculo na planilha Excel

Porém avaliou-se, ao aplicar esses valores de sintonia, que o comportamento da malha estava mais agressivo do que o desejado. Como os controladores de diferencial de temperaturas devem contribuir lentamente para o balanceamento optou-se em triplicar o parâmetro BP do controlador tendo em vista que o tempo de residência do forno estimado pela operação é de aproximadamente 1 hora, três vezes maior que o tempo de resposta da primeira sintonia.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o balanceamento ligado, as temperaturas de saída de cada ramal se igualam sem necessidade de intervenção do operador para ajustar as vazões, além disso, o *setpoint* de temperatura dos fornos (queima de gás) pode ser aumentado gerando um aumento de temperatura de forma mais controlada atingindo o objetivo que de aumentar ao máximo a temperatura da carga de saída dos fornos sem correr o risco de prejudicar o equipamento.

É importante notar que foi adicionado uma banda morta de  $\pm 1^\circ\text{C}$  em relação à média das temperaturas na lógica de controle dos TDIC a fim de evitar que o controlador atuasse para diferenças ínfimas de temperatura gerando maior trabalho e desgaste do elemento final de controle além de oscilações na temperatura de saída dos fornos. A Figura 3 mostra dados de gráficos obtidos através de software específico utilizado pela empresa.

Figura 3 - Tendências temporais das temperaturas TI-259 a TI-262 do forno B-02A



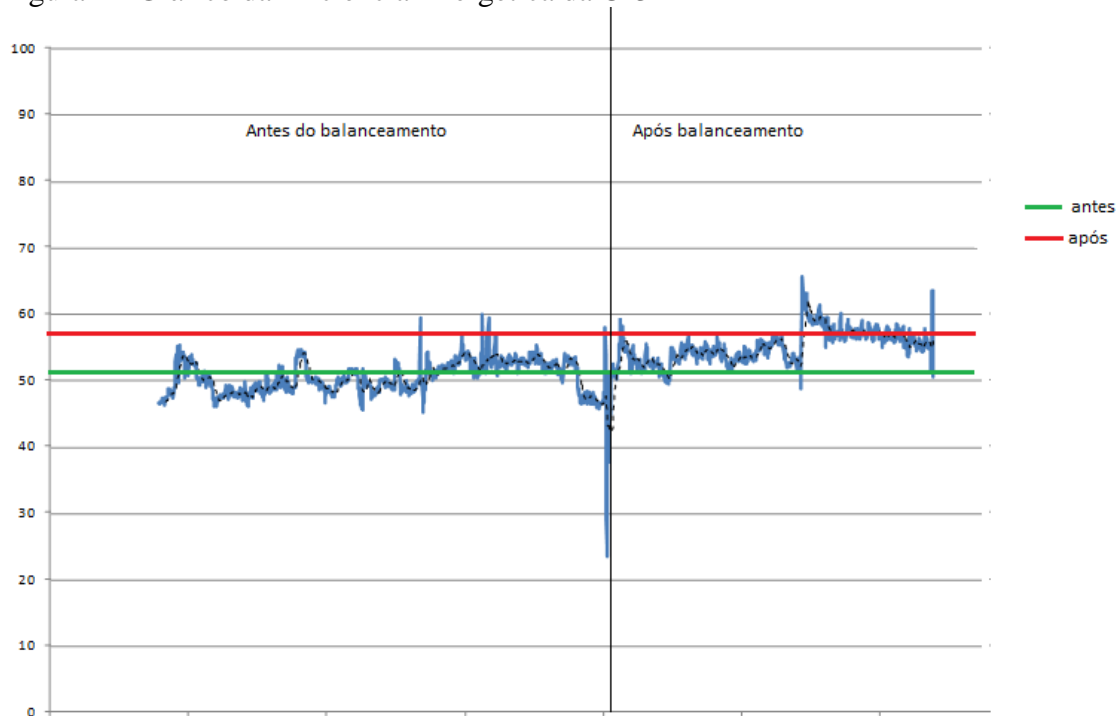
Fonte: Software de informação da planta

A linha verde destoa das demais e não iguala a temperatura com os outros ramais quando o

balanceamento está ligado pois o elemento final de controle correspondente encontra-se com problema de estanqueamento no seu *bypass*, portanto a válvula nesse período está fora do modo cascata e com o balanceamento desligado.

Após balanceamento, verificou-se um aumento de 5% no valor da eficiência energética dos fornos. O valor da eficiência energética está representado graficamente na Figura 4.

Figura 4 - Gráfico da Eficiência Energética da U-32



Fonte: Software utilizado pela empresa

## CONCLUSÃO

Pôde-se avaliar, com o suporte de dados gráficos e estatísticos, que houve uma melhoria significativa no controle e na estabilização do processo da planta maximizando a produção da unidade e melhorando os índices de negócio em geral.

Pode-se constatar também que a estratégia de controle implementada para o balanceamento da temperatura dos ramais dos fornos possibilitou, juntamente com outras ações de manutenção, um aumento de 5% na eficiência energética da unidade, o que é bastante significativo em termos de economia de combustível e de maximização do ponto de operação da destilação.

## REFERÊNCIAS

- BRPERFEX MANUAL- Manual do usuário - TriSolutions Soluções em Engenharia, 2012
- CAMPOS, M. C. M. de; TEIXEIRA, H. C. G. Controles típicos de equipamentos e processos industriais. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.
- LONGHI et al. Control loop performance assessment and improvement of an industrial hydrotreating unit and its economical benefits. Revista Controle & Automação. Vol.23 no.1,2012
- LIMA, P.A – Auditoria de malhas de controle em uma refinaria de petróleo- Monografia - IFBA, 2012
- FERRAZ, F.– Monitoramento e controle de processos: Fornos – apostila SENAI-PETROBRAS – Disponível em: [https://fabioferrazdr.files.wordpress.com/2008/08/1-9-fornos\\_petrobras.pdf](https://fabioferrazdr.files.wordpress.com/2008/08/1-9-fornos_petrobras.pdf) - acesso em 01/05/2018