



INSTRUMENTAÇÃO E SISTEMAS DE MEDIDAS

Projeto de Instrumentação usando Labview

Aplicado a uma planta térmica

Prof. Dr. Osmar Ogashawara

Professor(es) Responsável(is)

Integrantes do Grupo

HEITOR MORAES RABELO	RA: 790874
JÚLIO CÉSAR BREDAS	RA: 790765
VITOR MENDES CAMILO	RA: 790736

Sumário

1. Introdução	5
2. Fundamentação teórica	6
2.1. Toolbox Labview	6
2.2. Planta Térmica	6
2.3. Placa de Aquisição de Dados	8
3. Desenvolvimento	9
3.1. Determinar função de transferência	9
3.2. Simulação de um controlador PID	10
3.3. Controlador PID	12
3.4. Auto sintonia do controlador PID	13
4. Resultados	14
4.1. Determinar função de transferência	14
4.2. Simulação de um controlador PID	15
4.3. Controlador PID	15
4.4. Auto sintonia do controlador PID	17
5. Conclusão	17
6. Bibliografia	18

1. Introdução

O presente trabalho tem como objetivo realizar o controle de uma planta térmica por meio de implementação de software e uma placa de aquisição de dados. O software Labview possui ferramentas capaz de realizar a simulação e/ou controle, podendo implementar mais ferramentas de medição e simulação.

O projeto de Instrumentação da Caldeira foi responsável por apresentar toda a parte de instrumentos e sistema de medidas utilizados e implementados na usina sucroalcooleira, mais especificamente o setor da caldeira. Tal trabalho realizado em conjunto com o presente trabalho, é capaz de aplicar toda teoria de controle e instrumentação por meio de um sistema de simulação não muito distante do real, ou seja, as ferramentas aqui desenvolvidas para a planta térmica encontram aplicações reais na indústria, como em caldeiras. Sem a realização prévia da teoria, o entendimento poderia ser mais complexo, dado o não entendimento sobre instrumentação e aplicação.

Dada a importância da implementação do controle, o trabalho busca implementar um software de controle, no caso o Labview, com uma planta térmica do laboratório. Para tal, foi-se necessário o entendimento das saídas de controle tanto do software como da planta, entretanto a planta térmica já é de conhecimento de todos, cabendo um breve detalhamento no trabalho.

A proposta do trabalho é a construção de 4 etapas de VI's ("Virtual Instruments", arquivos gerados pelo Labview), uma VI que determina automaticamente a função transferência da planta, uma que simula um controle PID (com ajuste manual) em relação a FT achada anteriormente, uma terceira VI que implementa esse controlador PID na planta a partir do ajuste manual e uma última que faça o controle automaticamente pelo método de auto-sintonia dos parâmetros.

A monografia está dividida por seções de Introdução, Fundamentação Teórica, Desenvolvimento, Resultados, Conclusões e Bibliografias. Na seção de fundamentação teórica é apresentado as ferramentas utilizadas no Labview (toolbox), o kit didático da planta térmica e a placa de aquisição de dados (utilizado para "conversação" do computador e planta). O desenvolvimento conta com a localização das toolbox utilizadas, o painel frontal do controlador e os diagramas de blocos das etapas proposta. Logo após encontra-se os resultados de cada VI, como seus gráficos e comparações dos controladores. Por fim, a conclusão e a bibliografia da monografia.

2. Fundamentação teórica

Para o melhor entendimento dos processos da monografia, foi-se necessário realizar o entendimento de cada componente utilizado. Encontra-se na sequência as ferramentas utilizadas.

2.1. Toolbox Labview

A fim de atingir os objetivos estipulados o uso de algumas Toolbox específicas do Labview se faz necessária, a mais importante delas sendo a Toolbox de controle chamada "Control Design & Simulation", todos os blocos relacionados a controle vem desta toolbox, utilizados extensivamente neste projeto foram os blocos para criar uma função de transferência, desenhar a equação de uma função de transferência, resposta a entrada degrau de um sistema, loop de simulação, entre outros.

Outra toolbox utilizada é a "DAQNavi - Data Acquisition", esta toolbox foi responsável por realizar o interfaceamento com a placa de aquisição de dados, e tanto a transmissão do sinal de controle para a planta, como a leitura da temperatura foram realizadas por esta toolbox utilizando o bloco "DAQNavi Assistant".

2.2. Planta Térmica

O kit didático utilizado é a planta térmica de bancada, figura 1. Esse kit apresenta dois sensores termopares de temperatura, um localizado mais abaixo do recipiente TC2 e outro mais acima TC1. Há presença de um ventilador e resistência controlável, a partir de um controlador interno ou externo através relé de estado sólido (localizado na régua de bornes, figura 2).

Figura 1: Kit Didático .



Fonte: AVA.

Figura 2: Régua de Bornes do Kit Didático.



Fonte: AVA.

O controlador localizado na parte frontal da planta é capaz de realizar o ajuste PID da mesma, set point, além de marcar a temperatura da planta. Outro método capaz de realizar essa medição é pelos dois últimos terminais dos bornes, através de um multímetro na escala de tensão que variam de 0 a 10 V. É por esses terminais que será feito a aquisição de dados da planta pela placa aquisitiva de dados.

Os primeiros dois terminais, SSR e o terra, serão utilizados para o envio do sinal de

controle do software Labview, um sinal do tipo PWM.

2.3. Placa de Aquisição de Dados

A placa utilizada é a ADVANTECH USB-4704, Figura 3. Possui 10 entradas analógicas que suportam até 10 V e 10 saídas analógicas, além de um terminal de referência para cada. No lado oposta da placa, há mais 10 saídas digitais e 10 entradas digitais, com um terminal terras para a entrada e um para a saída.

Figura 3: Régua de Bornes do Kit Didático.



Fonte: AVA.

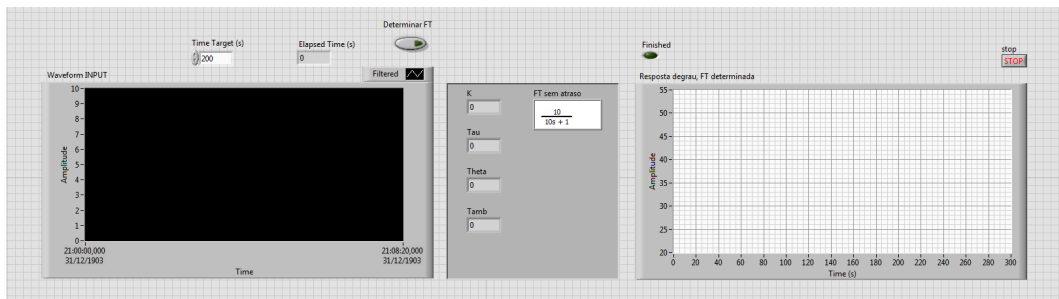
Para a implementação com o kit didático utilizou-se fios ligando dos terminais de saída da planta para a entrada analógica, tomou-se cuidado no momento de seleção de tensão de entrada (-10V/10V) das portas no seu drive para não queimar a mesma. Ligou-se posteriormente um das saídas digitais da placa para a planta, assim como o terminal referencial.

3. Desenvolvimento

3.1. Determinar função de transferência

O primeiro passo para controle da planta térmica consiste em determinar a função da planta, para este fim foi criada uma VI "Determinar_FT.VI", cujo diagrama de blocos é mostrado na Figura 4, onde "Time Target" é fornecido pelo usuário e determina depois de quantos segundos o processo é considerado completo.

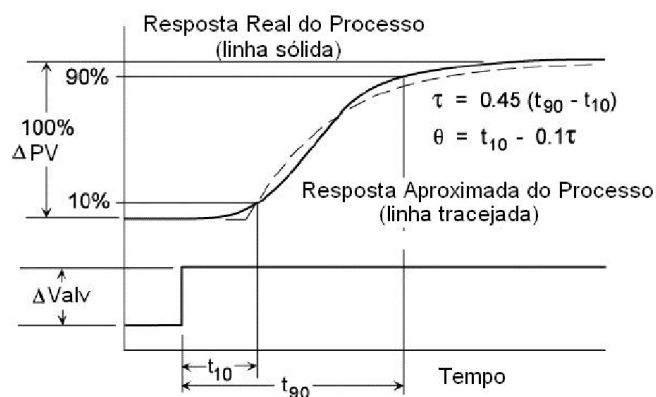
Figura 4: Painel frontal da VI "Determinar_FT.VI"



Fonte: Autoria própria

Esta VI determina automaticamente a função de transferência da planta através da resposta degrau da mesma (RAKE, 1979), aplicando um sinal PWM na entrada da planta de ciclo de trabalho fixo $\delta = 45\%$, que é uma entrada degrau, e coletando os dados da resposta da planta, utiliza-se então o processo exibido pela Figura 5 de forma a calcularmos a FT.

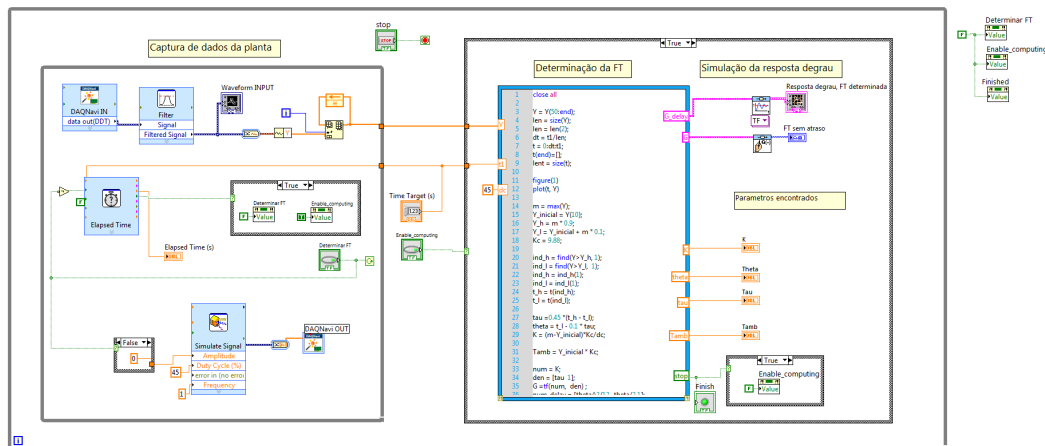
Figura 5: Determinação da FT através da resposta degrau



Fonte: K. OGATA, "Engenharia de Controle Moderno", 5 ed., 2010.

Todo o processo de gerar o sinal PWM de entrada, coletar os dados de saída e realizar os cálculos para determinação da FT, podem ser visto no diagrama de blocos mostrado pela Figura 6.

Figura 6: Diagrama de blocos da VI "Determinar_FT.VI"



Fonte: Autoria própria

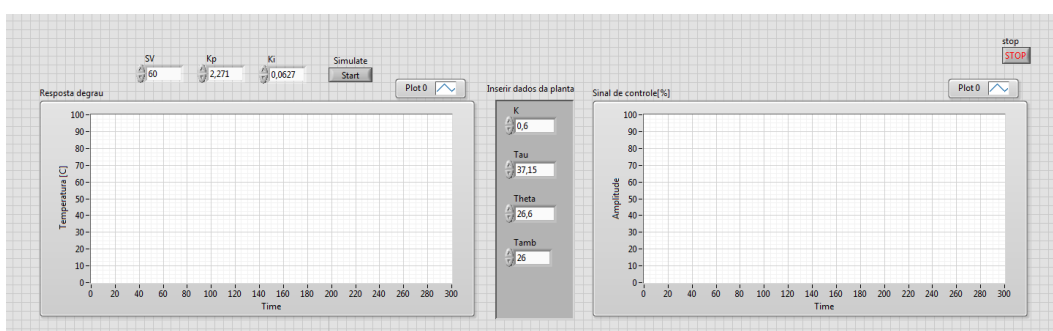
No diagrama de blocos foi utilizado booleans para controlar quais parcelas do código era executado, ao pressionar o botão "Determinar FT" presente no painel frontal é executado o case na esquerda que gera a entrada degrau da planta e captura os dados da saída, quando este bloco é executado pelo tempo definido pelo usuário em "Time target" no painel frontal, a execução do case a esquerda é terminada e os dados são enviados ao case da direita que é também habilitado, dentro do bloco "MathScript Node" (presente em **structures>>MathScript**) é realizado os cálculos mostrados na Figura 5, além disso utilizando o bloco "Draw Transfer Function Equation" (**Control Design & Simulation>>Control Design>>Model Construction>>CD Draw Transfer Function Equation**) nos permite desenhar na tela a função de transferência resultante, da mesma forma o bloco "Step Response" (**Control Design & Simulation>>Control Design>>Time Response>>CD Step Response**) nos permite plotar a resposta degrau da FT calculada, a fim de comparar com a resposta obtida da planta e conferir se a FT determinada esta de fato correta.

3.2. Simulação de um controlador PID

Dando sequencia, agora que já possuímos a função de transferência da planta podemos simular um controlador para a mesma, o painel frontal da VI "Simulador_PID.VI" que

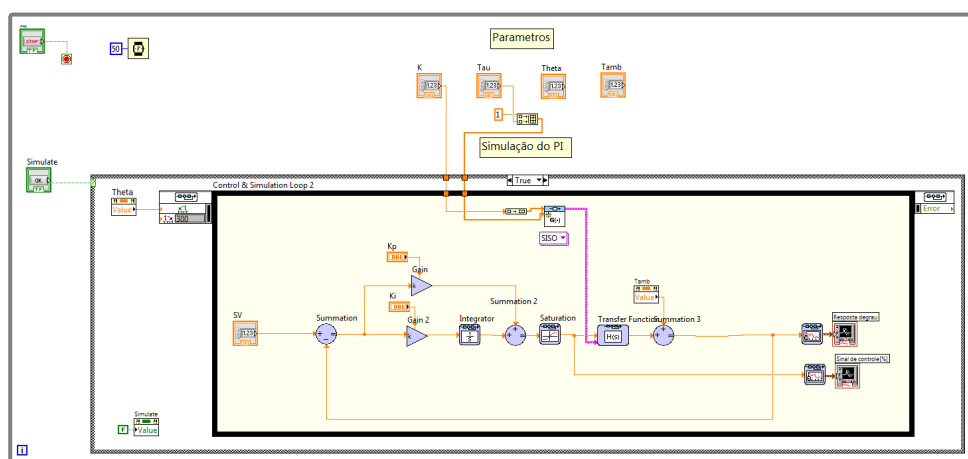
realiza isso é mostrado na Figura 7, neste caso é necessário fornecer os dados da planta coletados pela VI anterior, assim como os parâmetros do controlador desejado junto com o SV (Set Value), ou seja, a temperatura desejada. Fica claro que por termos somente os ganhos K_p e K_i o que se tem na verdade é um controlador PI, isso se deve pelo fato de que a planta é bastante ruidosa e incluir o derivativo seria danoso ao processo de controle. Na Figura 8 vemos o diagrama de blocos da VI.

Figura 7: Painel frontal da VI "Simulador_PID.VI"



Fonte: Autoria própria

Figura 8: Diagrama de blocos da VI "Simulador_PID.VI"



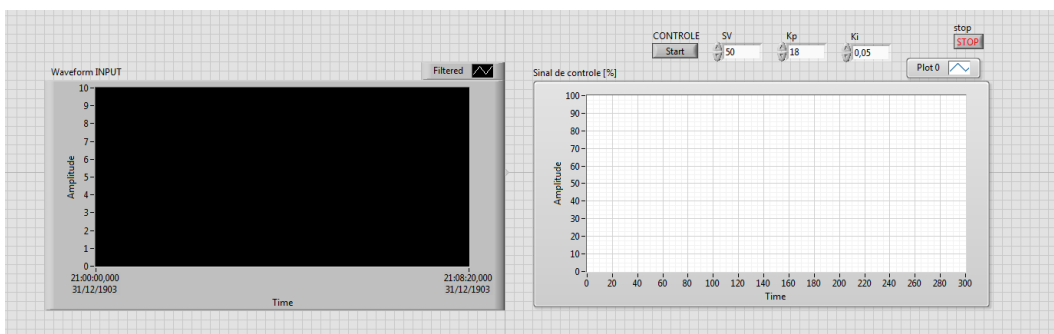
Fonte: Autoria própria

Neste caso a partir do diagrama de blocos da Figura 8, vemos uma lógica simples de um controlador PI (OGATA, 2010). Foi utilizada um bloco de loop de controle chamado "Control Loop & Simulation" (**structures >> Control Loop & Simulation**) para realização do controle PID sobre a função de transferência encontrada previamente.

3.3. Controlador PID

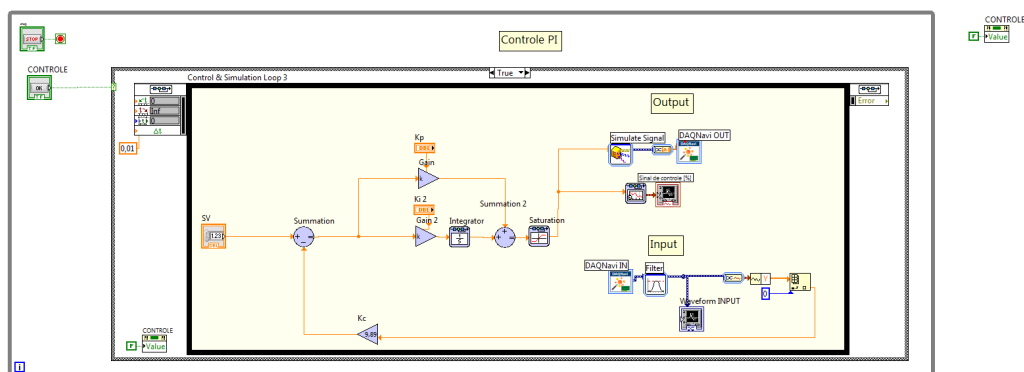
Depois de simulado o controlador PID, partimos agora para a implementação do controlador PID (ASRAF et al, 2017), o VI "Cotrolador_PID.VI" responsável por isso tem seu painel frontal mostrado pela Figura 9, cuja diferença do simulador é que não possui mais a entrada de dados da planta, já que agora controlamos a planta diretamente. E o diagrama de blocos pela Figura 10.

Figura 9: Painel frontal da VI "Cotrolador_PID.VI"



Fonte: Autoria própria

Figura 10: Diagrama de blocos da VI "Cotrolador_PID.VI"



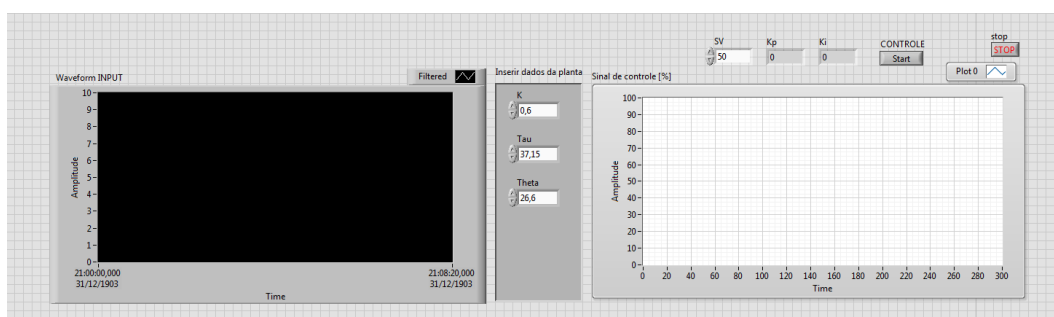
Fonte: Autoria própria

No diagrama de blocos da Figura 10, vemos agora que não há mais uma função de transferência, e que a entrada e saída estão relacionadas a planta física, que é interfaceada pelo uso da placa DAQ, onde utiliza-se o bloco "DAQNavi IN/OUT" (**Measurement I/O>>DAQNavi - Data Acquisition>>DAQNavi Assistant**) tanto para geração do sinal de controle, quanto para a leitura da temperatura.

3.4. Auto sintonia do controlador PID

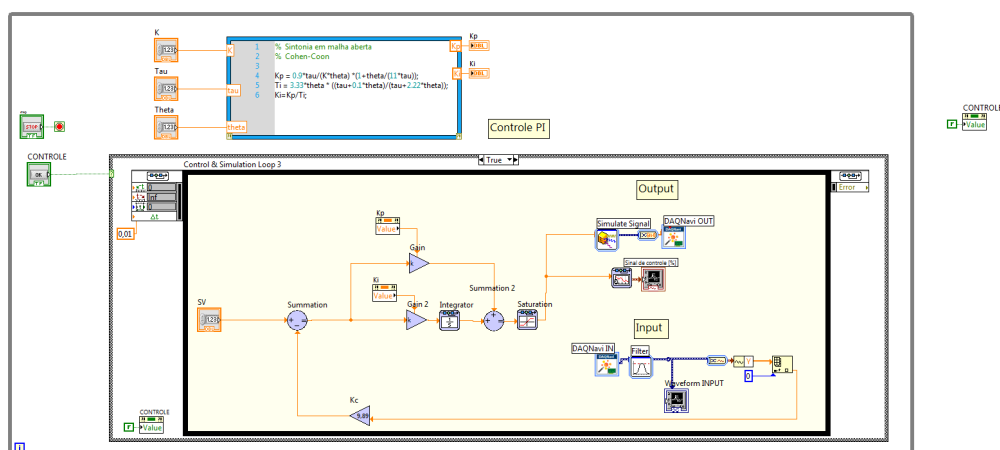
Por fim, a proposta é encontrar de forma automática os ganhos K_p e K_i da planta, para este fim foi criada a VI "Autotune_Controlador_PID.VI", cujo painel frontal é mostrado pela Figura 11, onde é possível ver que a única entrada são o SV e os dados da planta, dados esses que são usados para calcular K_p e K_i . E o seu diagrama de blocos é mostrado na Figura 12.

Figura 11: Painel frontal da VI "Autotune_Controlador_PID.VI"



Fonte: Autoria própria

Figura 12: Diagrama de blocos da VI "Autotune_Controlador_PID.VI"



Fonte: Autoria própria

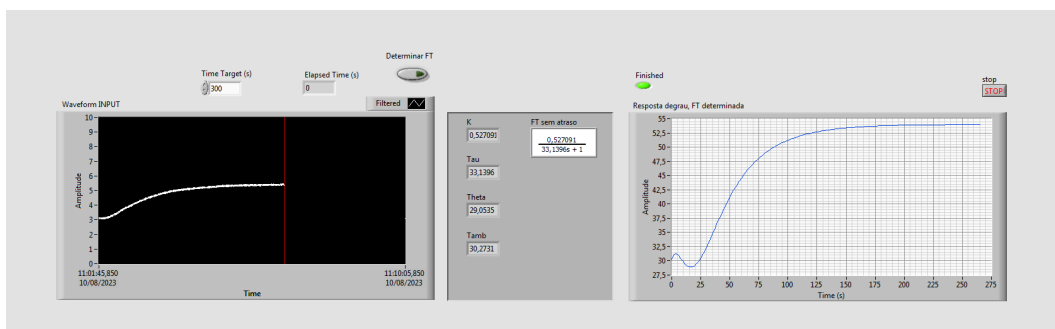
Pelo diagrama de blocos da Figura 12 podemos ver que a entrada e a saída é realizada da mesma forma que na VI do controlador PID, neste caso a única diferença é a entrada de dados da planta e o um bloco "MathScript Node" (**structures>>MathScript**) responsável pelo cálculo de K_p e K_i utilizando o método de Cohen-Coon.

4. Resultados

4.1. Determinar função de transferência

Ao executar a VI "Determinar_FT.VI", por um tempo de 300 s, obtemos o resultados mostrado pela Figura 13, que mostra tanto a FT encontrada quanto a resposta degrau da mesma.

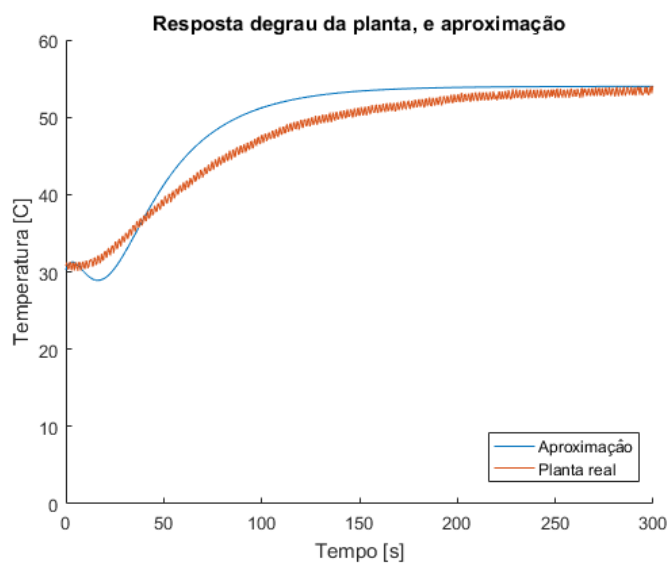
Figura 13: Resultados da VI "Determinar_FT.VI"



Fonte: Autoria própria

Para confirmar que a FT encontrada realmente representa a planta térmica, foi plotada ambas respostas juntas na Figura 14.

Figura 14: Comparação, FT determinada e planta real



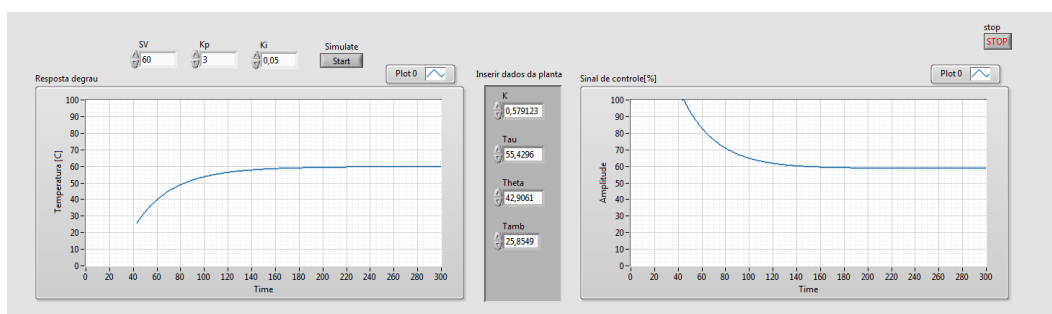
Fonte: Autoria própria

O que se pode observar é que a resposta degrau da FT possui um tempo de subida menor quando comparada a planta real, mas um valor em regime permanente igual. Essas diferenças já era esperada já que o método usada para determinar a FT é uma aproximação e não algo perfeitamente preciso. Além disso a FT aproximada usa uma aproximações de segunda ordem de Padé para simular o atraso, o que adiciona o decaimento inicial não observado na planta real.

4.2. Simulação de um controlador PID

Executando a VI "Simulador_PID.VI", obtemos o resultado mostrado pela Figura 15. Com os parâmetros $SV = 60$, $K_p = 3$ e $K_i = 0,05$, e o atraso sendo simulado adicionando um tempo inicial igual ao atraso.

Figura 15: Resultados da VI "Simulador_PID.VI"

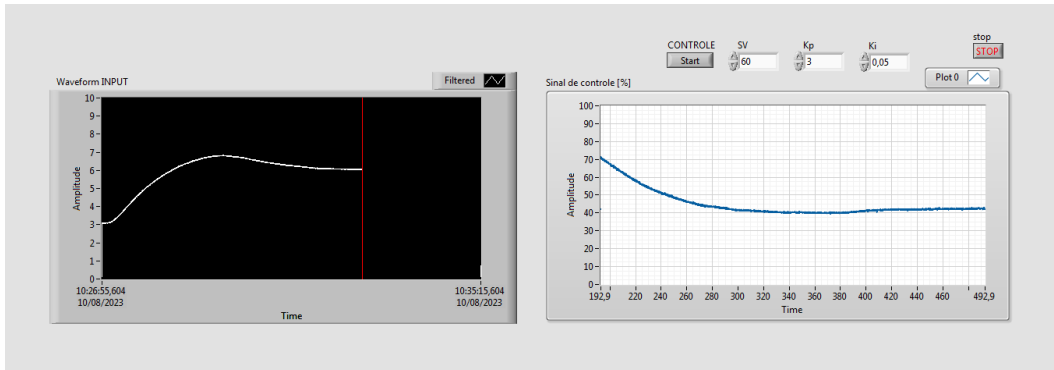


Fonte: Autoria própria

4.3. Controlador PID

Executando a VI "Cotrolador_PID.VI" com os mesmos parâmetros utilizados no simulador, sendo eles $SV = 60$, $K_p = 3$ e $K_i = 0,05$. Obtemos o resultado mostrado pela Figura 16.

Figura 16: Resultado VI "Cotrolador_PID.VI", $SV = 60$, $K_p = 3$ e $K_i = 0,05$

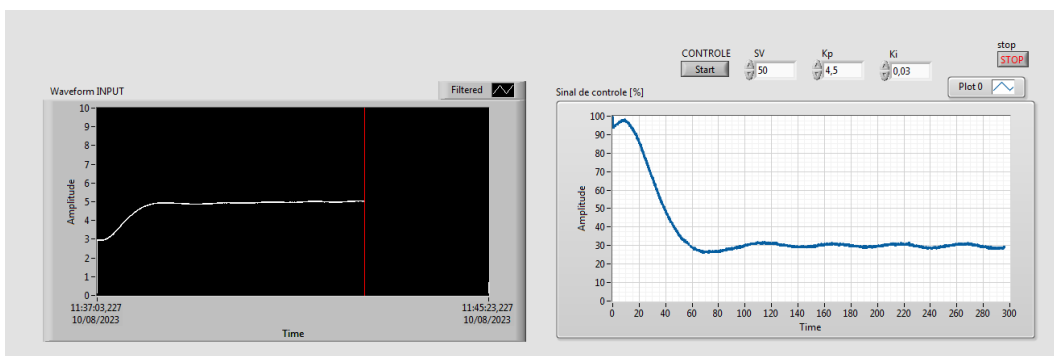


Fonte: Autoria própria

Portanto, pode-se ver na Figura 16 que a resposta obtida não se é próxima da obtida pelo simulador, neste caso obtemos um sobressinal, enquanto no simulador tínhamos uma resposta sobre amortecida.

A fim de chegarmos mais próximo a resposta obtida no simulador, realizamos uma segunda resposta do controlador utilizando os parâmetros $SV = 60$, $K_p = 4,5$ e $K_i = 0,03$, o resultado é mostrado pela Figura 17.

Figura 17: Resultado VI "Cotrolador_PID.VI", $SV = 60$, $K_p = 4,5$ e $K_i = 0,03$



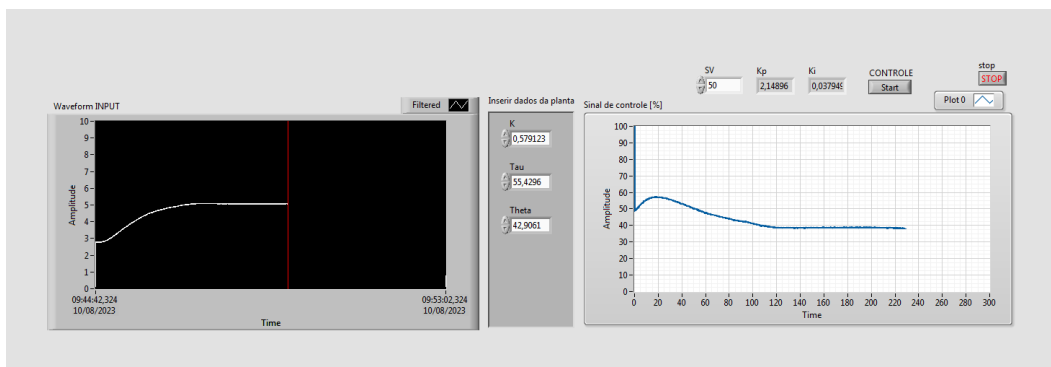
Fonte: Autoria própria

Fica claro a partir da Figura 17 que este segundo resultado esta consideravelmente mais próximo do simulado, porém $K_p = 4,5$ se mostrou muito alto e pode-se ver que o sinal de controle oscila e demora a estabilizar.

4.4. Auto sintonia do controlador PID

Por fim, ao executar a VI "Autotune_Controlador_PID.VI", obtemos o resultado mostrado na Figura 18.

Figura 18: Painel frontal da VI "Autotune_Controlador_PID.VI"



Fonte: Autoria própria

Neste caso, observando a Figura 18 fica nítido que obtivemos um excelente resultado, onde não houve sobressinal mas ainda assim a planta atingiu regime permanente em somente 120 segundos utilizando os ganhos calculados pela VI de $K_p = 2,149$ e $K_i = 0,038$.

Porém é necessário fazer o adendo de que nem sempre esse é o caso, em alguns dos testes realizados a resposta utilizando a auto sintonia se mostrou inferior a um ajuste manual.

5. Conclusão

Em vista da monografia desenvolvida, conclui-se a possibilidade de caracterizar uma planta térmica e controlar a mesma utilizando diversos métodos aqui abordados e fazendo uso do software LabView, esse tipo de controle e ferramentas podem ser estendido facilmente a caldeira com a qual foi realizada a analogia na introdução.

Dessa forma, as VIs aqui desenvolvidas, todas elas atingindo seus respectivos objetivos, poderiam muito bem ser utilizadas em uma situação industrial, como o controle de caldeiras.

6. Bibliografia

Referências

H. RAKE, "Step Response and Frequency Response Methods", elsevier, 1979.

K. OGATA, "Engenharia de Controle Moderno", 5 ed., 2010.

HM Asraf, KAN Dalila, AWM Hakim, RHMF Hon, "Development of Experimental Simulator via Arduino-based PID Temperature Control System using LabVIEW", 2017.