

Roteiro Aula Prática



GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE VAPOR

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

NOME DA DISCIPLINA: GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE VAPOR

Unidade: U1_ Introdução à geração de potência

Aula: A2_ Ciclo Rankine

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

Os objetivos dessa aula prática são:

- Compreender o mecanismo reacional da queima de um combustível;
- Determinar de maneira teórica o poder calorífico com base na composição de um combustível (biodiesel);
- Entender como a composição de um material afeta o poder calorífico da combustão desse material.

SOLUÇÃO DIGITAL:

MS Excel

O software MS Excel permite elaborar uma planilha eletrônica na qual o aluno poderá digitar a composição de um combustível e obter instantaneamente, algumas propriedades de interesse como, por exemplo, o calor de combustão da queima desse combustível.

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

Atividade proposta:

Determinação teórica de propriedades de queima de um combustível hipotético (biodiesel).

Procedimentos para a realização da atividade:

Nesta prática, iremos determinar de maneira teórica o poder calorífico de uma amostra de biodiesel. Para isso, é preciso preparar alguns dados na planilha eletrônica, portanto abra uma planilha em branco e formate algumas células, conforme apresentado na Figura 2.1.

Figura 2.1 - Planilha eletrônica formatada inicialmente para introdução de dados da prática

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
4													
5			Ácido graxo		Massa molar (g/mol)	Composição	Ligação C-C	Ligação C=O	Ligação C-O	Ligação O-H	Ligação C-H	Ligação C=C	Calor de formação (kJ/mol)
6			Mirístico		238,37		14,0	1,0	1,0	1,0	27,0	0,0	
7			Palmitico		256,42		16,0	1,0	1,0	1,0	31,0	0,0	
8			Heptadecanoico		230,18		17,0	1,0	1,0	1,0	33,0	0,0	
9			cis-10-heptadecanoico		230,18		16,0	1,0	1,0	1,0	31,0	1,0	
10			Estearico		284,48		18,0	1,0	1,0	1,0	35,0	0,0	
11			Oleico		284,48		17,0	1,0	1,0	1,0	31,0	1,0	
12			Alfa-linolênico		284,48		15,0	1,0	1,0	1,0	31,0	2,0	
13			cis-11,14-eicosadienoico		284,48		15,0	1,0	1,0	1,0	31,0	4,0	
14			Massa molar Média										
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													

	Reação de combustão completa					Poder calorífico (kJ/mol)
Nome	Ácido Graxo	+ O ₂	→ CO ₂	+ H ₂ O		(CO ₂ ·ΔHf_CO ₂ + H ₂ O·ΔHf_H ₂ O) - [Ác·ΔHf_Ác + O ₂ ·ΔHf_O ₂]
Mirístico	1	20,0	14,0	14,0		
Palmitico	1	23,0	16,0	16,0		
Heptadecanoico	1	24,5	17,0	17,0		
cis-10-heptadecanoico	1	17,0	17,0	16,0		
Estearico	1	26,0	18,0	18,0		
Oleico	1	26,5	18,0	17,0		
Alfa-linolênico	1	25,0	18,0	16,0		
cis-11,14-eicosadienoico	1	17,0	20,0	16,0		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

Na Figura 2.1 são apresentadas duas tabelas. A primeira tabela apresenta uma composição típica de biodiesel com a primeira coluna apresentando os nomes dos ácidos graxos presentes. Nessa tabela estão indicadas as colunas com a massa molar de cada ácido graxo, bem como a quantidade de ligações carbono-carbono (C-C), carbono-dupla-oxigênio (C=O), carbono-simples-oxigênio (C-O) e assim por diante. Foi reservada uma coluna onde será, logo mais, especificada a composição de cada ácido graxo e, também, uma última coluna na qual iremos determinar o calor de formação para cada componente.

A segunda tabela apresentada na Figura 2.1 corresponde ao balanço estequiométrico da combustão completa para cada ácido graxo presente no biodiesel. Por exemplo, na primeira linha da tabela (linha 18 na planilha), um mol de ácido mirístico reage com 20 mols de oxigênio formando 14 mols de dióxido de carbono e 14 mols de água.

Agora é preciso especificar a fórmula matemática que a planilha utilizará para calcular uma massa molar média para o biodiesel. Para isso, selecione a célula E13 e digite $=((E5*F5)+(E6*F6)+(E7*F7)+(E8*F8)+(E9*F9)+(E10*F10)+(E11*F11)+(E12*F12))/SOMA(F5:F12)$.

Em que SOMA(F5:F12) representa a soma da coluna "Composição". Como não especificamos a composição do biodiesel, a massa molar média não retornará um valor numérico neste momento.

Portanto, vamos preencher a coluna da composição com os dados apresentados na Figura 2.2, o que deverá retornar uma massa molar média de 266,78 g/mol

Figura 2.2 – Preenchimento de uma composição hipotética para biodiesel

Ácido graxo	Massa molar (g/mol)	Composição	Ligação C-C	Ligação C=O	Ligação C-O	Ligação O-H	Ligação C-H	Ligação C=C	Calor de formação (kJ/mol)
Mirístico	228,37	0,0022	14,0	1,0	1,0	1,0	27,0	0,0	17.638,30
Palmitico	256,42	0,1123	16,0	1,0	1,0	1,0	31,0	0,0	19.985,50
Heptadecanoico	230,18	0,0421	17,0	1,0	1,0	1,0	33,0	0,0	21.159,10
cis-10-heptadecanoico	230,18	0,2236	16,0	1,0	1,0	1,0	31,0	1,0	20.599,70
Estearico	284,48	0,5198	18,0	1,0	1,0	1,0	35,0	0,0	22.332,70
Oleico	284,48	0,0588	17,0	1,0	1,0	1,0	31,0	1,0	20.946,50
Alfa-linolênico	284,48	0,0083	15,0	1,0	1,0	1,0	31,0	2,0	20.867,10
cis-11,14-eicosadienoico	284,48	0,033	15,0	1,0	1,0	1,0	31,0	4,0	22.095,50
Massa molar Média	266,78								

† Soma deve = 1,000 (devido ao arredondamento aceitável)

Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

Antes de determinar o poder calorífico de cada ácido graxo contido no biodiesel, precisamos obter o calor de formação para cada componente. Para isso, preencha as células da coluna M da Figura 2.2, com as fórmulas apresentadas na Figura 2.3-a, devendo ser obtido os valores de calor de formação apresentados na Figura 2.3-b.

Figura 2.3 – Fórmulas e valores para obtenção do calor de formação dos componentes do biodiesel

Ácido graxo	Massa molar (g/mol)	Composição	Ligação C-C	Ligação C=O	Ligação C-O	Ligação O-H	Ligação C-H	Ligação C=C	Calor de formação (kJ/mol)
Mirístico	228,37	0,0022	14	1	1	1	27	0	$=(G5*SC\$31)+(H5*SC\$32)+(I5*SC\$33)+(J5*SC\$34)+(K5*SC\$35)+(L5*SC\$36)$
Palmitico	256,42	0,1123	16	1	1	1	31	0	$=(G6*SC\$31)+(H6*SC\$32)+(I6*SC\$33)+(J6*SC\$34)+(K6*SC\$35)+(L6*SC\$36)$
Heptadecanoico	230,18	0,0421	17	1	1	1	33	0	$=(G7*SC\$31)+(H7*SC\$32)+(I7*SC\$33)+(J7*SC\$34)+(K7*SC\$35)+(L7*SC\$36)$
cis-10-heptadecanoico	230,18	0,2236	16	1	1	1	31	1	$=(G8*SC\$31)+(H8*SC\$32)+(I8*SC\$33)+(J8*SC\$34)+(K8*SC\$35)+(L8*SC\$36)$
Estearico	284,48	0,5198	18	1	1	1	35	0	$=(G9*SC\$31)+(H9*SC\$32)+(I9*SC\$33)+(J9*SC\$34)+(K9*SC\$35)+(L9*SC\$36)$
Oleico	284,48	0,0588	17	1	1	1	31	1	$=(G10*SC\$31)+(H10*SC\$32)+(I10*SC\$33)+(J10*SC\$34)+(K10*SC\$35)+(L10*SC\$36)$
Alfa-linolênico	284,48	0,0083	15	1	1	1	31	2	$=(G11*SC\$31)+(H11*SC\$32)+(I11*SC\$33)+(J11*SC\$34)+(K11*SC\$35)+(L11*SC\$36)$
cis-11,14-eicosadienoico	284,48	0,033	15	1	1	1	31	4	$=(G12*SC\$31)+(H12*SC\$32)+(I12*SC\$33)+(J12*SC\$34)+(K12*SC\$35)+(L12*SC\$36)$
Massa molar Média	266,78								

(a)

Ácido graxo	Massa molar (g/mol)	Composição	Ligação C-C	Ligação C=O	Ligação C-O	Ligação O-H	Ligação C-H	Ligação C=C	Calor de formação (kJ/mol)
Mirístico	228,37	0,0022	14,0	1,0	1,0	1,0	27,0	0,0	17.638,30
Palmitico	256,42	0,1123	16,0	1,0	1,0	1,0	31,0	0,0	19.985,50
Heptadecanoico	230,18	0,0421	17,0	1,0	1,0	1,0	33,0	0,0	21.159,10
cis-10-heptadecanoico	230,18	0,2236	16,0	1,0	1,0	1,0	31,0	1,0	20.599,70
Estearico	284,48	0,5198	18,0	1,0	1,0	1,0	35,0	0,0	22.332,70
Oleico	284,48	0,0588	17,0	1,0	1,0	1,0	31,0	1,0	20.946,50
Alfa-linolênico	284,48	0,0083	15,0	1,0	1,0	1,0	31,0	2,0	20.867,10
cis-11,14-eicosadienoico	284,48	0,033	15,0	1,0	1,0	1,0	31,0	4,0	22.095,50
Massa molar Média	266,78								

(b)

Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

A fim de determinar o poder calorífico de cada componente presente no biodiesel, formate algumas células, conforme apresentado na Figura 2.4-a, para inserir os dados de energia de ligação e do calor de formação dos compostos que participam da reação de combustão. Com isso, utilize as fórmulas apresentadas na Figura 2.4-b para determinar o calor de combustão de cada componente (Figura 2.4-a).

Figura 2.4 – Valores das energias de ligação e poder calorífico para utilização nas fórmulas de combustão.

Reação de combustão completa					Poder calorífico (kJ/mol)	
Nome	Ácido Graxo	+ O ₂	→ CO ₂	+ H ₂ O	(CO ₂ ·ΔHf_CO ₂ + H ₂ O·ΔHf_H ₂ O) – (Ác·ΔHf_Ác + O ₂ ·ΔHf_O ₂)	
Mirístico	1	20,0	14,0	14,0	-29.379,92	
Palmitico	1	23,0	16,0	16,0	-33.424,83	
Heptadecanoico	1	24,5	17,0	17,0	-35.447,29	
cis-10-heptadecanoico	1	17,0	17,0	16,0	-33.578,44	
Estearico	1	26,0	18,0	18,0	-37.469,74	
Oleico	1	26,5	18,0	17,0	-35.912,90	
Alfa-linolênico	1	25,0	18,0	16,0	-35.378,15	
cis-11,14-eicosadienoico	1	17,0	20,0	16,0	-36.254,77	

Energias de ligação (ΔHf)		Substância / Calor de formação (kJ/mol)	
C-C	346,8	O ₂ (g)	142,36
C=O	804,3	CO ₂ (g)	-393,51
C-O	353,6	H ₂ O(g)	-241,82
O-H	463,5		
C-H	413,4		
C=C	614,2		

(a)

Reação de combustão completa					Poder calorífico (kJ/mol)	
Nome	Ácido Graxo	+ O ₂	→ CO ₂	+ H ₂ O	(CO ₂ ·ΔHf_CO ₂ + H ₂ O·ΔHf_H ₂ O) – (Ác·ΔHf_Ác + O ₂ ·ΔHf_O ₂)	
Mirístico	1	20	14	14	=((G18*\$F\$32)+(H18*\$F\$33))-((E18*M5)+(F18*\$F\$31))	
Palmitico	1	23	16	16	=((G19*\$F\$32)+(H19*\$F\$33))-((E19*M6)+(F19*\$F\$31))	
Heptadecanoico	1	24,5	17	17	=((G20*\$F\$32)+(H20*\$F\$33))-((E20*M7)+(F20*\$F\$31))	
cis-10-heptadecanoico	1	17	17	16	=((G21*\$F\$32)+(H21*\$F\$33))-((E21*M8)+(F21*\$F\$31))	
Estearico	1	26	18	18	=((G22*\$F\$32)+(H22*\$F\$33))-((E22*M9)+(F22*\$F\$31))	
Oleico	1	26,5	18	17	=((G23*\$F\$32)+(H23*\$F\$33))-((E23*M10)+(F23*\$F\$31))	
Alfa-linolênico	1	25	18	16	=((G24*\$F\$32)+(H24*\$F\$33))-((E24*M11)+(F24*\$F\$31))	
cis-11,14-eicosadienoico	1	17	20	16	=((G25*\$F\$32)+(H25*\$F\$33))-((E25*M12)+(F25*\$F\$31))	

(b)

Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

Para finalizar a prática, obtenha o poder calorífico da mistura de ácidos graxos que corresponde ao biodiesel, conforme fórmulas apresentadas na Figura 2.5-a. O poder calorífico para a reação de queima do combustível a 25°C deve ser - 35.897,21 kJ para cada mol de biodiesel queimado. Caso a reação acontecer numa temperatura diferente (o que sempre ocorre na prática), digamos o 600°C, então, o poder calorífico será de - 35.575,32 kJ/mol, conforme apresentado na Figura 2.5-b.

Figura 2.5 – Fórmulas e valores para o poder calorífico do biodiesel na temperatura ambiente ou em outra temperatura de reação.

Poder Calorífico — para reação na T ambiente (25 °C)		kJ/mol
	=ARRED(I18*F5+I19*F6+I20*F7+I21*F8+I22*F9+I23*F10+I24*F11+I25*F12;2)	
Se a combustão ocorrer em outra temperatura		
T combustão (°C)	600	
Cp (kJ/mol·K)	0,5598	
Poder calorífico (kJ/mol)	=ARRED(I18*F5+I19*F6+I20*F7+I21*F8+I22*F9+I23*F10+I24*F11+I25*F12+(M34*(M33-25));2)	

(a)

	K	L	M	N
29				
30	Poder Calorífico — para reação na T ambiente (25 °C)			
31			-35.897,21	kJ/mol
32	Se a combustão ocorrer em outra temperatura			
33	T combustão (°C)		600	
34	Cp (kJ/mol·K)		0,5598	
35	Poder calorífico (kJ/mol)		-35.575,32	
36				

(b)

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Avaliando os resultados:

Você deverá entregar em um arquivo a respostas dos seguintes questionamentos:

- Por que o poder calorífico apresenta um sinal negativo? Qual o significado físico?
- Qual é o poder calorífico para uma queima de biodiesel ocorrendo na T ambiente, à o 800°C e à o 1200°C?
- Como podemos utilizar a massa molar média para transformar a unidade do poder calorífico de kJ/mol para kJ/kg? Quanto seria esse valor para os poderes caloríficos obtidos na questão anterior?
- Se o biodiesel fosse constituído unicamente por um ácido graxo, isto é, composição 100% para um único componente, qual seria a máxima energia liberada na sua combustão à o 25°C?
- Baseado nos resultados da aula, você espera que o poder calorífico do biodiesel seja maior, menor ou igual ao poder calorífico de um combustível sólido como, por exemplo, o carvão mineral ou, então, de um combustível gasoso (gás natural)? Por que há diferença nesses valores?
- Compare o poder calorífico determinado para o biodiesel com os poderes caloríficos de outros combustíveis e, também, outros materiais disponíveis na literatura (bagaço de cana seco: -19,42 kJ/g; Bagaço de cana úmido: -7,81 kJ/g; carvão mineral: -29,31 kJ/g).

Checklist:

- ✓ Verifique se o software está configurado para separar valores inteiros de decimais através de ponto ou por meio de vírgula;
- ✓ Verifique se o número de ligações (principalmente C-H) foram corretamente assinaladas para cada ácido graxo presente no biodiesel;

- ✓ Verifique se os coeficientes estequiométricos da reação de combustão foram corretamente implementados;
- ✓ Caso a massa molar retorne um valor dúbio, verifique se a composição do biodiesel corresponde à 100%, isto é, se a soma da coluna F (linha 5 a 12) resulta em 1,000;
- ✓ Se o poder calorífico determinado apresentar sinal positivo, verifique se os calores de formação foram implementados corretamente, verifique os sinais também.

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as perguntas respondidas e em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- Referências bibliográficas ABNT (quando houver).

Resultados de Aprendizagem:

Como resultado de aprendizagem, os alunos devem compreender o mecanismo reacional da queima de um combustível e entender como a composição de um material afeta o poder calorífico da combustão desse material;

Os alunos devem realizar anotações do experimento todas as etapas com objetivo de documentação. As anotações devem ficar com os alunos para fins de estudos.

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

NOME DA DISCIPLINA: GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE VAPOR

Unidade: U3_ Geração de vapor: equipamentos

Aula: A2_ Caldeiras flamotubulares

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

Os objetivos dessa aula prática são:

- Elaborar um roteiro de operação para casa de caldeira.
- Compreender a importância de um relatório de operação de caldeira

SOLUÇÃO DIGITAL:

MS Excel

O software MS Excel permite elaborar uma planilha eletrônica na qual o aluno poderá digitar a composição de um combustível e obter instantaneamente, algumas propriedades de interesse como, por exemplo, o calor de combustão da queima desse combustível.

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

Atividade proposta:

Elaboração um relatório de operação para casa de caldeiras

Procedimentos para a realização da atividade:

Nesta prática, iremos elaborar um relatório de operação para casa de caldeiras.

Junto à casa das caldeiras deve existir um caderno de capa dura (para proteção), onde, nesse livro devem constar escritos à mão pelo operador dados como:

- **Data;**
- **Nome do operador;**
- **Horário coberto pelo operador ou turno;**
- **Serviços a serem executados;**
- **Período;**
- **Status da atividade;**
- **Ocorrências no período coberto pelo operador.**

Isso é necessário por uma das primeiras providencias de quem assume cada turno, é olhar o caderno para ver as anotações de quem foi o responsável pelo turno que se encerrou.

Também, é necessário que o supervisor hierárquico consulte esse caderno a cada semana.

Sobre o relatório vamos utilizar o software **Microsoft Office Excel**.

E, deve-se seguir alguns passos

1 – Criação do cabeçalho

Aqui, deve constar quais são os equipamentos analisados nesse relatório (pode haver mais de uma caldeira) e também a data da inspeção, conforme Figura 1.

Figura 1 – Cabeçalho do relatório

<p style="text-align: center;">FOLHA DE OPERAÇÃO DAS CALDEIRAS Equipamento: Caldeira 1 () 2 () Data: ___/___/___</p>

Fonte: o autor.

2 – Serviços a serem executados, período e o status da atividade.

Agora, deve-se especificar todos os serviços que devem ser executados pelo operador.

Deste modo, devemos dividir a tabela abaixo do cabeçalho em três colunas, apresentados na Figura 2.

Os responsáveis pela inspeção e manutenção de caldeiras precisam realizar várias tarefas fundamentais. Neste sentido, alguns itens merecem atenção máxima, tanto que estão descritos como obrigatórios na NR-13.

Figura 2 – Serviços executados

SERVIÇOS EXECUTADOS		
SERVIÇOS EXECUTADOS	Período	Status
01 - Inspeção dos cruzamentos de solda da fornalha;	1S	
02 - Exame visual nos espelhos frontal e traseiro da caldeira;	1D	
03 - Limpeza dos eletrodos	1M	
04 - Verificação de toda a fiação elétrica;	1S	
05 - Verificação do sistema de alimentação de água;	1D	
06 - Verificação da saída de vapor;	1D	
07 - Calibragem e manutenção de todos os dispositivos de segurança	2S	
08 - Manutenção no quadro elétrico;	2M	
09 - Análise do estado de conservação da tubulação de água da caldeira	2M	
10 - Realização de testes nos sistemas de emergência.	1M	

Fonte: o autor

3 – Condições de Funcionamento

Nesse item, é necessário especificar as condições de funcionamento dos serviços listados antes, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – Condições de funcionamento

CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO								
Item	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00	03:00
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

Fonte: o autor

4 – Observações e responsáveis

O último passo, é deixar um item para observações caso seja constatado algo durante o período do operador e também os locais para assinatura do mesmo e seu supervisor, Figura 4.

Figura 4 – Observação e assinaturas

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações solicitadas e em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- Referências bibliográficas ABNT (quando houver).

Resultados de Aprendizagem:

Como resultado de aprendizagem, os alunos devem compreender a importância de um relatório de operação de caldeiras.

Os alunos devem realizar anotações do experimento todas as etapas com objetivo de documentação. As anotações devem ficar com os alunos para fins de estudos.

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

NOME DA DISCIPLINA: GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE VAPOR

Unidade: U4_ Equipamentos, dispositivos de controle e segurança, distribuição de vapor

Aula: A2_ Dispositivos de controle e segurança

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

Os objetivos dessa aula prática são:

- Desenvolver um controlador PID do nível de água em um tanque;
- Compreender os aspectos do controle de propriedades.

SOLUÇÃO DIGITAL:

Scilab.

É um software científico para computação numérica semelhante ao MATLAB que fornece um poderoso ambiente computacional aberto para aplicações científicas.

É uma linguagem de programação de alto nível, orientada à análise numérica. A linguagem provê um ambiente para interpretação, com diversas ferramentas numéricas. Algoritmos complexos podem ser criados em poucas linhas de código. Possui sofisticadas estruturas de dados, incluindo listas, polinômios, sistemas lineares e um interpretador de linguagem de programação de alto nível. O usuário pode definir novos tipos de informação e operações sobre esses tipos.

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

Atividade proposta:

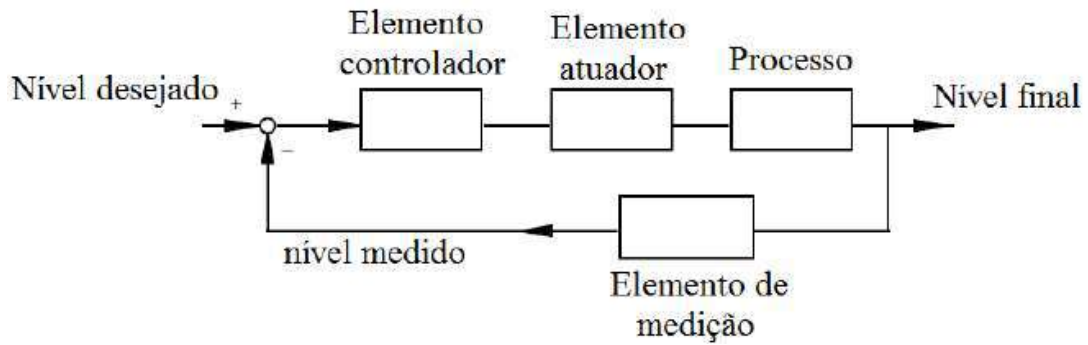
Determinação teórica de propriedades de queima de um combustível hipotético (biodiesel).

Procedimentos para a realização da atividade:

Esta atividade utilizará o software Scilab.

Em um novo projeto, iremos construir alguns elementos que irão simular e controlar o nível de água contido em um tanque, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1. Elementos de simulação e controle do nível de água em um tanque

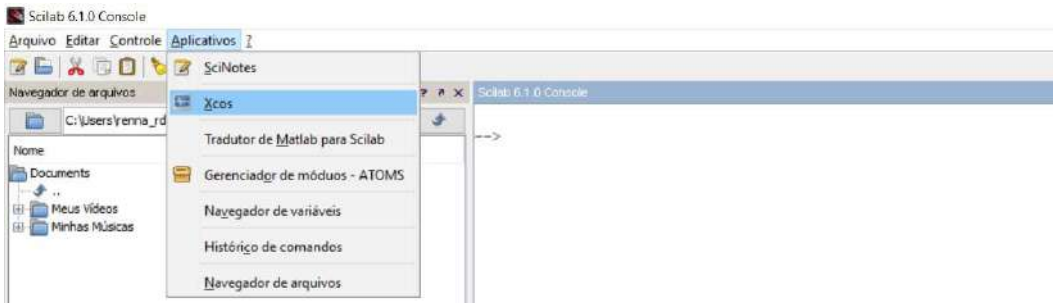


Fonte: Autor (2018)

O exemplo apresentado na Figura 1 constitui a malha necessária ao controle do nível de água em um tanque de armazenamento. O tanque é alimentado continuamente por uma corrente de água através de sua porção superior e, na porção inferior do equipamento, uma outra corrente de água é eliminada do tanque. Esta situação é representada pela caixa 'Processo' na Figura 1. No interior do tanque o nível de água varia em relação ao tempo e, para controlá-lo, é necessária a utilização do elemento controlador apresentado na Figura 1, juntamente do atuador que pode ser, por exemplo, uma bomba de alimentação ou uma válvula reguladora.

O nível de água desejado no tanque de armazenamento depende da demanda do processo. Inicialmente, devemos iniciar o software Scilab e abrir o aplicativo "Xcox", conforme Figura 2.

Figura 2. Aplicativo Xcos dentro do software Scilab.

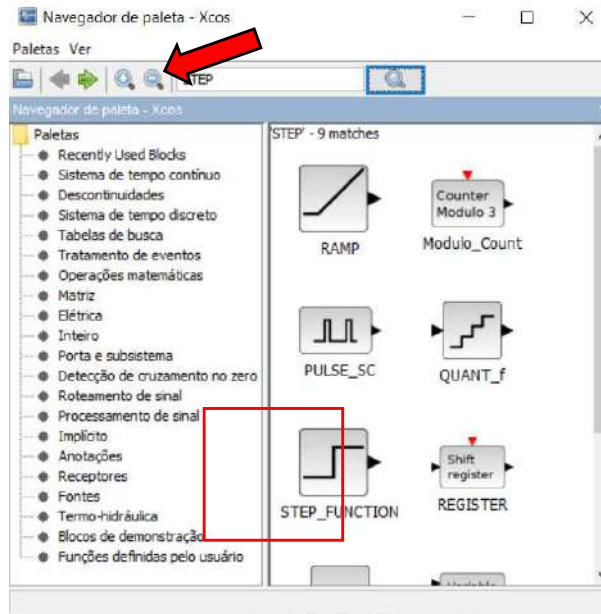


Fonte: Autor (2018).

Devemos indicar uma variação de grau de valor unitário para representar que o nível de água no interior de tanque deve variar, ou seja, a partir dessa modificação, um novo nível de água deve se estabelecer no interior do tanque.

Para isso, no navegador de palheta, Figura 3, digite "STEP" e selecione "STEP_FUNCTION" e adicione ao seu projeto.

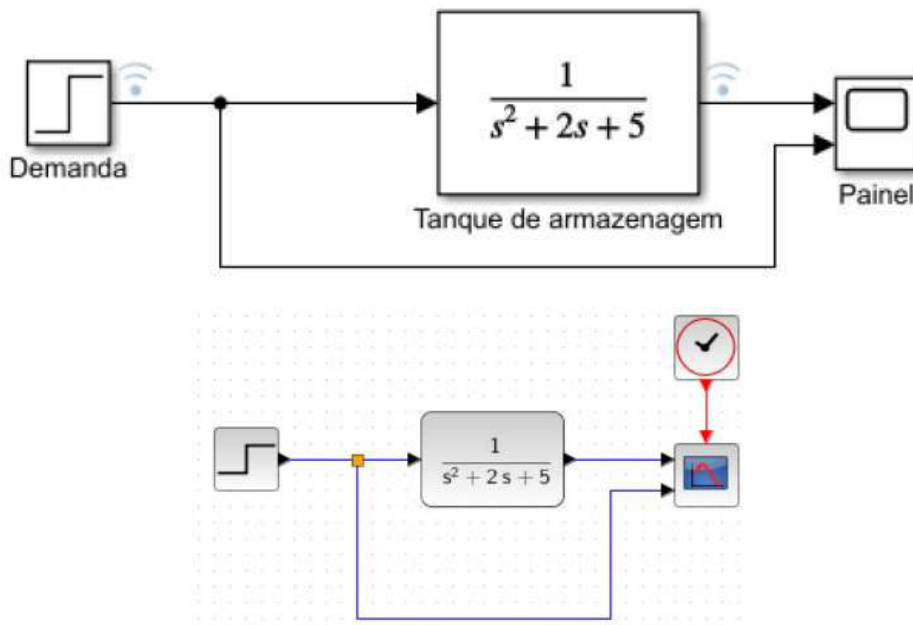
Figura 3. Inserindo a função STEP no projeto.



Fonte: Autor (2018)

Feito isso, clique duas vezes sobre a função “STEP_FUNCTION” e altere os valores de “Tempo de passo” para 0.1, “Valor Inicial” para 0 e “Valor Final” para 1. Assim, a Figura 4 apresenta o modelo para simulação.

Figura 4 – Modelo para simulação do nível de água em um tanque de armazenagem

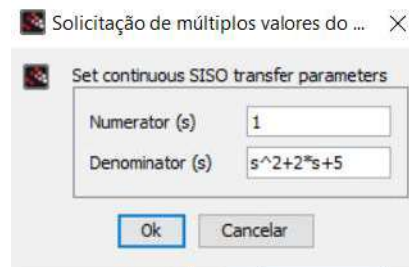


Fonte: Autor (2018)

Em seguida, devemos adicionar uma função de transferência por meio do comando “CLR”. A função de transferência indica a alteração que será realizada no nível de água devido ao processo, isto é, a resultante devido ao aumento de nível pela adição de água no tanque e pela sua

diminuição devido ao escoamento pela porção inferior. Após adicionar a função de transferência, clique duas vezes sobre a mesma e altere os valores conforme Figura 5:

Figura 5 – Valores da função transferência.



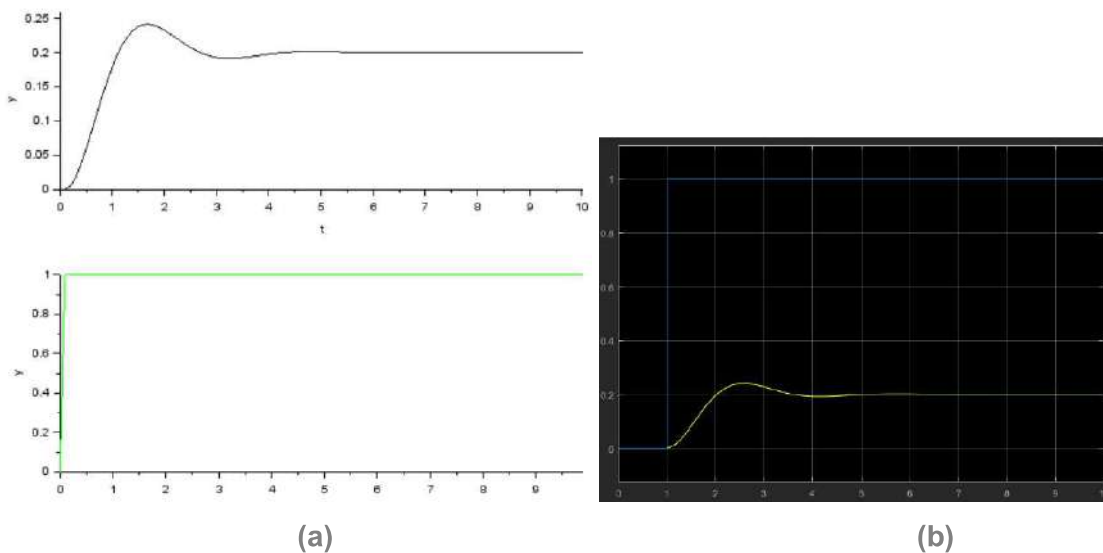
Fonte: Autor (2018)

O nível final de água no tanque deverá ser visualizado no painel do nosso controlador. Para adicionar o painel, utilize o comando “CMSCOPE” e, também insira o comando “CLOCK”.

Dê um duplo clique sobre o “CLOCK” e altere os valores de “período” para 0.1 e “tempo de inicialização” para 0. Assim, o “CMSCOPE” apresentará o gráfico com o comportamento do nível de água em relação ao tempo quando a simulação for iniciada.

Deste modo, arraste as setas de todos os elementos para conectá-los conforme apresentado na Figura 4, e em seguida, inicie a simulação no botão “Iniciar” (▶) contido na barra superior de comandos e você deve obter dois gráficos iguais aos apresentados na Figura 6.

Figura 6 – Painel inicial da simulação de nível de água em um tanque de armazenagem.



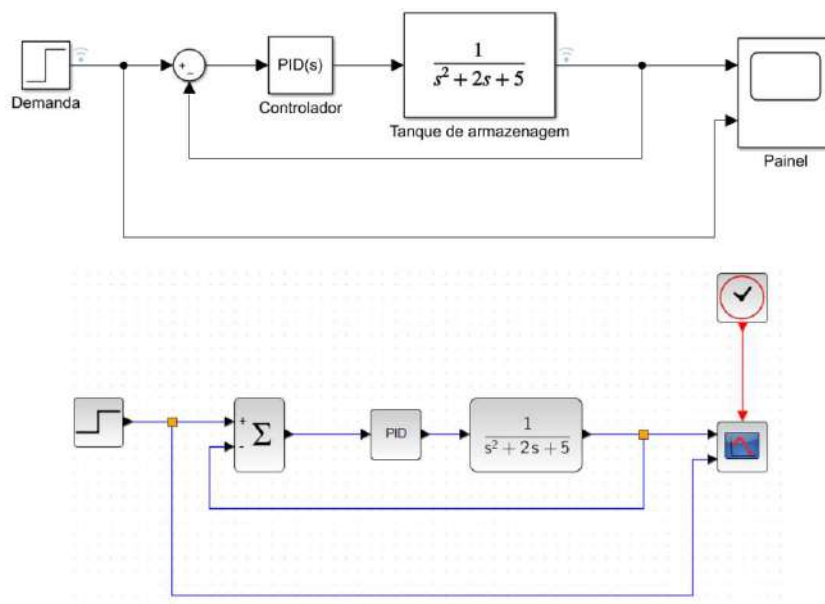
Fonte: Autor (2018)

A Figura 6 representa o nível que deve ser mantido no tanque de armazenagem (linha verde) e o nível real (linha preta). Note que há uma oscilação do nível durante os instantes iniciais e que após

um tempo de, aproximadamente, 5 segundos um novo nível é atingido (0,2 m). Porém, queremos que o nível seja controlado estavelmente em 1 m.

Para isso, utilize o comando “PID” e insira um elemento de controle, e, anterior a este elemento, adicione um ponto de soma de corrente por meio do comando “SUMMATION” e uma ambos conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Modelo para simulação do nível de água com o elemento de controle.

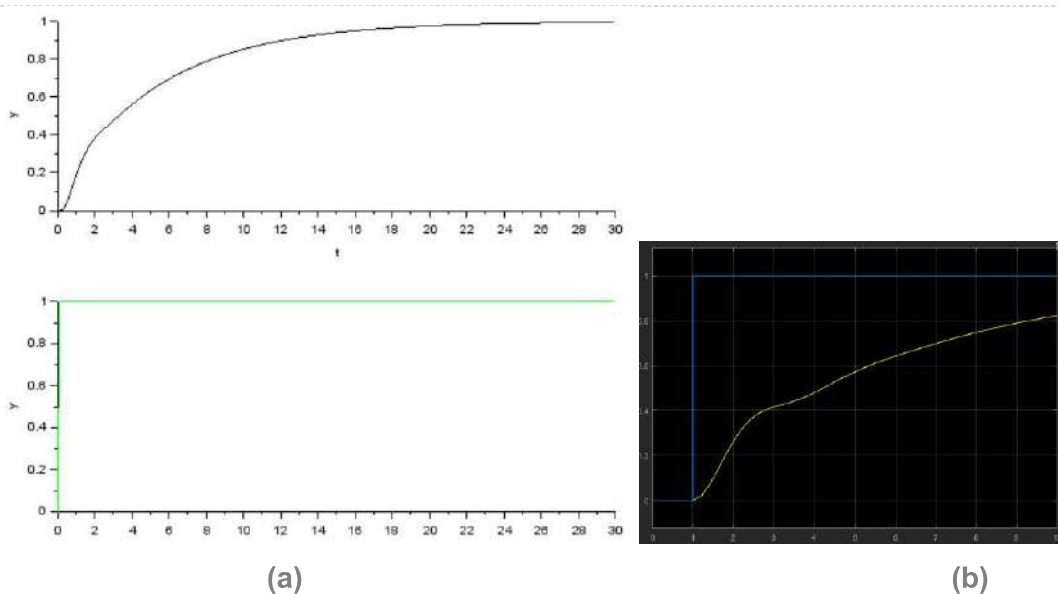


Fonte: Autor (2018)

O comando “SUMMATION” deve estar com o sinal ‘+’ conforme exemplificado na Figura 7. A função do ponto de soma é fornecer o sinal ao controlador do nível de água no tanque após o processo, isto é, após a modificação no nível devido à função de transferência. Este tipo de controle é denominado de feedback (retroalimentação).

Inicie novamente a simulação pressionando o botão “Iniciar”. Você deve obter um gráfico conforme apresentado na Figura 7a

Figura 7 – Painel após a introdução do controlador.

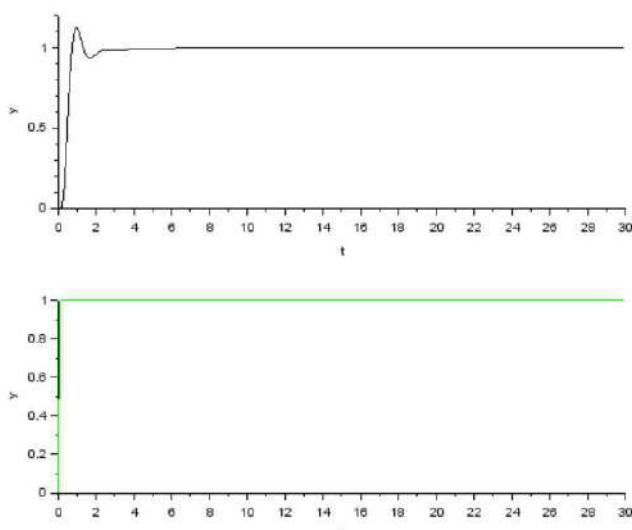


Fonte: Autor (2018)

Observe na Figura 7b que o nível requerido pelo controle (1 m) se manteve o mesmo pois não alteramos a demanda nem a função de transferência. Porém, o nível real do tanque (linha amarela) sofreu uma pequena oscilação e aumentou gradativamente apresentando tendência de se igualar ao nível de controle (linha azul – 1 m), porém muito lentamente. Esse crescimento lento do nível do tanque não é desejado, pois indica que o mecanismo de controle não é satisfatório. Devemos variar as condições do controlador a fim de que o mesmo seja capaz de estabelecer um novo nível de água, estável ao processo, rapidamente. Para isso, dê um duplo clique sobre o controlador “PID” e altere os parâmetros P, I e D.

Considerando $P=20$, $I=12$, $D=3$, temos o seguinte gráfico.

Figura 8 – Painel após modificação dos parâmetros P, I e D do controlador.



Observe a Figura 8 e note que a estabilidade na atuação do controlador de nível de água no tanque de armazenagem oscila ligeiramente antes de atingir o equilíbrio pouco após 8 s. (atenção:

note que o gráfico da Figura 7 não representa a altura do nível de água no eixo das ordenadas, mas sim a amplitude de oscilação do controlador).

Avaliando os resultados:

Você deverá entregar em um arquivo a resposta para as seguintes questões:

- a) Descreva o que ocorre com o nível de água no tanque de armazenagem se o nível pretendido for 2 m?
- b) O que acontece com o nível de água no tanque se os coeficientes da função de transferência forem modificados?
- c) Modifique a demanda degrau por uma senoidal utilizando o comando "GENSIN_f" e descreva o que ocorre com o nível de água.

Checklist:

- ✓ Inicie o software Scilab, e na sequência aplicativo Xcos;
- ✓ Crie os diagramas de blocos conforme apresentados na atividade;
- ✓ Salve, várias vezes e em arquivos distintos, seu projeto ao longo da elaboração da atividade;
- ✓ Para responder as questões, compare os resultados obtidos com àqueles elaborados durante a prática.

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações solicitadas, os gráficos plotados, as perguntas respondidas e em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- **Referências bibliográficas ABNT (quando houver).**

Resultados de Aprendizagem:

Como resultado de aprendizagem, os alunos devem aplicar os conhecimentos de instrumentação e controle, ao desenvolver um controlador PID do nível de água em um tanque.

Os alunos devem realizar anotações do experimento todas as etapas com objetivo de documentação. As anotações devem ficar com os alunos para fins de estudos.