



Programa Federal de Incentivos a la Actividad Empresarial - Ley 125 de 1994

Formulario de Registro de Incentivos a la Actividad Empresarial - Ley 125 de 1994

Nombre del Incentivado		Código del Incentivo	
Dirección del Incentivado		Fecha de Registro	
Sector Económico		Tipo de Incentivo	
Actividad Económica		Monto del Incentivo	

Fecha	Descripción	Monto	Estado
1994-01-01	...	...	...
1994-02-01	...	...	...
1994-03-01	...	...	...
1994-04-01	...	...	...
1994-05-01	...	...	...
1994-06-01	...	...	...
1994-07-01	...	...	...
1994-08-01	...	...	...
1994-09-01	...	...	...
1994-10-01	...	...	...
1994-11-01	...	...	...
1994-12-01	...	...	...
Total del Incentivo		...	...

Nombre del Incentivado		Código del Incentivo	
Dirección del Incentivado		Fecha de Registro	
Sector Económico		Tipo de Incentivo	
Actividad Económica		Monto del Incentivo	

Nombre del Incentivado		Código del Incentivo	
Dirección del Incentivado		Fecha de Registro	
Sector Económico		Tipo de Incentivo	
Actividad Económica		Monto del Incentivo	

Total del Incentivo

...

...

...

**ANEXO III**

**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP**  
**Relatório Individual de Trabalho Docente - RIT (Anexo III - Resolução nº 112 de 7 de outubro de 2014)**

**Campus:** Guarulhos (GRU)      **Ano/Semestre:** 2015/02

**Identificação do docente**

**Docente:** Ricardo Aparecido Rodrigues de Oliveira      **Conhecido como:** Ricardo

**Área:** Automação      **e-mail:** rarobr76@gmail.com

**Prontuário:** gu14878-7      **Telefone:** 11 58347072      **Celular:** 11 947512820

**Regime de trabalho:** 20 horas      40 horas      X RDE      Substituto      Temporário

**Atividades de Ensino**

**Componentes Curriculares ministrados**

sigla	nome	curso	período	aulas
EITA1	ELETRICIDADE 1	Tecnologia	M	4
EL10G1	ELETRICIDADE 1	Técnico	V	2
IELQ1	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	Técnico	N	8
FMAA1	FUNDAMENTOS DE MATEMÁTICA PARA AUTO	Tecnologia	M	2

**Atividades de Apoio ao Ensino**

Atividades de Apoio ao Ensino (em horas)	
Reunião de Área	2
Atendimento ao aluno	1
<b>3</b>	

**Complementação de Atividades**

Complementação de Atividades em parceria com a EPU/SP	
Projeto de Pesquisa em parceria com a EPU/SP	11
<b>11</b>	

**Complementação de Atividades (em horas)**

Complementação de Atividades (em horas)	
<b>11</b>	

**Total de horas semanais (obrigatoriamente 20h ou 40h, dependendo do regime de trabalho)**

Total de horas semanais (obrigatoriamente 20h ou 40h, dependendo do regime de trabalho)	
<b>40</b>	

**Alterações em relação ao PTT (Justificativas)**

**Docente** \_\_\_\_\_ **Presidente da CAAD** \_\_\_\_\_

02/03/16

**Parecer da Comissão de Área para Atividade Docente**

**Resultado:**  Homologado       Devolução para ajustes no preenchimento

em 21.04.2016      **Presidente da CAAD** \_\_\_\_\_

**Содержание**  **Содержание**  **Содержание**  **Содержание**

...

...

...	...	...
...	...	...
...	...	...
...	...	...

...	...	...
...	...	...
...	...	...
...	...	...

...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...

...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...

...	...	...	...
...	...	...	...



# ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Avenida Professor Luciano Gualberto, travessa 3 nº 158 CEP 05508-900 São Paulo SP  
Telefone: (0xx11) 3091-5733 Fax (0xx11) 3091-5169

Pós-Graduação da Engenharia Elétrica

São Paulo, 03 de junho de 2015.

## DECLARAÇÃO

Declaro, para os devidos fins, que o Senhor **Ricardo Aparecido Rodrigues de Oliveira, RG. 24.150.347-4**, foi aceito no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, no nível de Doutorado, *stricto sensu*.

Informo que a Universidade de São Paulo é uma Instituição de Ensino Superior criada pelo Decreto Lei Estadual nº 6.238, publicado no Diário Oficial do Estado de São Paulo de 25.01.1934, e reconhecida pelo MEC com Disposto no Decreto nº 30, publicado no Diário Oficial da União de 03.09.1934.

Informo também, que o programa citado acima é credenciado pela Portaria do MEC nº 132 de 02.01.1999 e publicado no Diário Oficial da União em 03.02.1999, programa autorizado por esta Universidade em 01.09.1971, conforme publicação no Diário Oficial da União, os diplomas são registrados conforme Artigo 48 da lei 9394/96.

O programa de Doutorado é um curso gratuito e tem a duração mínima de seis meses e máxima de cinquenta e seis meses, bem como a exigência mínima de 40 créditos obrigatórios conforme consta no Regimento da Pós-Graduação da Universidade de São Paulo.

Atenciosamente

Prof. Dr. Sebastião Gomes dos Santos Filho  
Representante da Área de Microeletrônica Sistema Eletrônicos  
e Suplente da Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP

# Resumo de trabalhos sobre o efeito da temperatura na constante dielétrica de elementos combustíveis

**Palavras chaves:** Temperatura, Constante dielétrica, Sensor;

O trabalho aqui apresentado compreende uma breve pesquisa sobre combustíveis no aspecto da condutividade e constante dielétrica. Pesquisas feitas mostraram ser possível saber a concentração de elementos presentes nestes combustíveis, bem como a sua adulteração. Também permitiu-se saber uma suave relação da constante dielétrica com a temperatura. Contudo estes estudos se basearam no combustível diesel e biodiesel, cuja aplicação para a tecnologia flex não é permitida no Brasil, demandando estudos neste campo. Para isto, lançou-se mão de um sensor de combustível em uso pela Continental, o sensor de combustível flex ( Brazilian Flex Fuel Sensor – Br-FFS).

# Resumo de trabalhos sobre o efeito da temperatura na constante dielétrica de elementos combustíveis

**Palavras chaves:** Temperatura, Constante dielétrica, Sensor;

## **Sensor de combustível Flex da Continental, Br-FFS**

O sensor de combustível flex ( Brazilian Flex Fuel Sensor – Br-FFS) da empresa Continental é um dispositivo capaz de determinar o percentual de etanol em combustíveis, sendo utilizado, portanto, para o armazenamento destas substâncias, assim como elemento para gerar informações dentro de uma matriz de funcionamento em um motor de tecnologia de combustíveis flex. Este dispositivo possui grande interesse no mercado brasileiro sobretudo nos veículos cujo combustível é oriundo de misturas de gasolina e /ou álcool, pois em ambos, há uma determinada concentração de componentes que define características como a constante dielétrica, possibilitando deste modo, estudos acerca de sua qualidade. A gasolina é definida como uma mistura de gasolina e álcool anidro. Enquanto que o Etanol é definido como Etanol hidratado. Há ainda o etanol anidro, cujos percentuais de mistura é definido pela ANP ( Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis). Segundo a resolução ANP nº 7, de 09/02/2011 – DOU 10/02/2011 – Retificada em 14/04/2011, Rio de Janeiro, Brasil, o etanol anidro é um combustível com 99,6% de etanol e 0,4% de água por volume de amostra. A concentração de etanol anidro na gasolina é definida segundo o programa nacional do álcool – Proalcool e está de acordo com a demanda de produção deste produto

Resumo de trabalhos sobre o efeito da temperatura na constante dielétrica de elementos combustíveis

• • •

de acordo com as safras de colheitas. Assim, há a gasolina com mistura de etanol anidro na proporção de 22%, chamada de E22 e de 25%, chamada de E25. Quanto ao etanol, também é permitido inserir água neste combustível. Disto surge o álcool ou etanol hidratado, na proporção de 95,1% em seu volume sendo denominado de E95. Logo, a grande necessidade de obter um dispositivo que possa realizar esta análise está associada a condição das novas tecnologias em motores, que necessitam obter informações acerca do produto combustível antes de sua queima na câmara de combustão.

**Constantes dielétricas de elementos combustíveis e solventes**

Na tabela 1 é apresentado a composição de dois tipos de combustíveis utilizados no Brasil, a Gasolina (E22.5) e o Etanol hidratado (E95).

Blend Availability	Anhydrous Ethanol Content in Gasohol		Water Content in Gasohol		Hydrated Ethanol Content in Alcohol		Water Content in Alcohol		Total Ethanol	Dielectric (ε) @ 25°C	B-EPS Output (hr)
	% of Gasohol	% of Alcohol	% of Gasohol	% of Anhydrous Ethanol	% of Hydrated Ethanol	% of Water	% of Alcohol	% of Water			
Not Typically Available in Brazil	0	0	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.5	2.00	50.0
	0	0	95	5.0	0.0	0.0	0.0	5.0	27.5	3.12	55.0
	0	0	90	10.0	0.0	0.0	0.0	10.0	32.5	4.23	60.0
	0	0	85	15.0	0.0	0.0	0.0	15.0	37.5	5.35	65.0
	0	0	80	20.0	0.0	0.0	0.0	20.0	42.5	6.47	70.0
Typical Fuel Blend in Brazil	100	0	77.4	22.5	0.0	0.1	22.5	7.09	29.5	7.09	72.5
	90	10	69.7	20.3	9.5	0.6	29.8	9.07	39.3	9.07	79.8
	80	20	61.9	18.0	19.0	1.1	37.0	11.06	49.0	11.06	87.0
	70	30	54.2	15.8	28.5	1.5	44.3	13.05	58.8	13.05	94.3
	60	40	46.4	13.5	38.0	2.0	51.5	15.03	68.5	15.03	101.5
	50	50	38.7	11.3	47.6	2.5	58.8	17.02	78.3	17.02	108.8
	40	60	31.0	9.0	57.1	3.0	66.1	19.01	88.0	19.01	116.1
	30	70	23.2	6.8	66.6	3.5	73.3	20.99	97.8	20.99	123.3
	20	80	15.5	4.5	76.1	3.9	80.6	22.98	107.5	22.98	130.6
10	90	7.7	2.3	85.6	4.4	87.8	24.97	117.3	24.97	137.8	
0	100	0.0	0.0	95.1	4.9	95.1	26.96	145.1	26.96	145.1	

\* All Data in Volume Percent

Tabela 1

Foram feitos estudos comparativos com estes combustíveis sob dois aspectos. No primeiro com amostras puras de gasolina e etanol, isto é, sem diluição de produtos, contudo, com adição proporcional de etanol na gasolina e de água no álcool. No segundo, utilizando como amostra padrão a gasolina E22 e o Etanol E95, mas com adição de maior concentração de etanol anidro para a gasolina e de água para o etanol hidratado. Os estudos feitos pela empresa Continental possibilitaram determinar a variação da constante dielétrica em função das concentrações de água e de etanol em ambos combustíveis, sempre a 25°C. De modo geral percebeu-se que a constante dielétrica variou positivamente, de modo crescente, indo de 2 para 100 de gasolina a até 6,47 na proporção 80/20 gasolinas/etanóis puros. Quanto ao combustível tipicamente produzido no Brasil, a constante



dielétrica apresentou resultados que variaram de 7,09 até 26,96, para misturas da combustível gasolina E22.5 e etanol E95. Isto permitiu verificar que conforme a concentração varia em ambas misturas, a constante dielétrica varia gradativamente nestas misturas. Outro fator importante está na variação da frequência, cujos resultados também são apresentados nesta tabela. Para a primeira proposta, os valores obtidos utilizando o sensor Br-FFS foram de 50 Hz a até 70 Hz. Enquanto que para a segunda proposta, utilizando combustíveis utilizados no Brasil, os valores foram de 72,5 Hz a até 145,1 Hz. Logo, permitesse fazer correlações a partir da variação da frequência em função da concentração destes combustíveis e de solventes – água.

Na figura 1 é apresentado o resultado gráfico dos estudos realizados acerca destes combustíveis utilizando o sensor Br-FFS. A precisão deste sensor ficou melhor estabelecida para combustíveis com mistura E22, isto é, 22,5% em volume de etanol anidro na gasolina. Acima disto, a precisão dele caiu, não sendo, portanto, recomendado o seu uso para detecção.

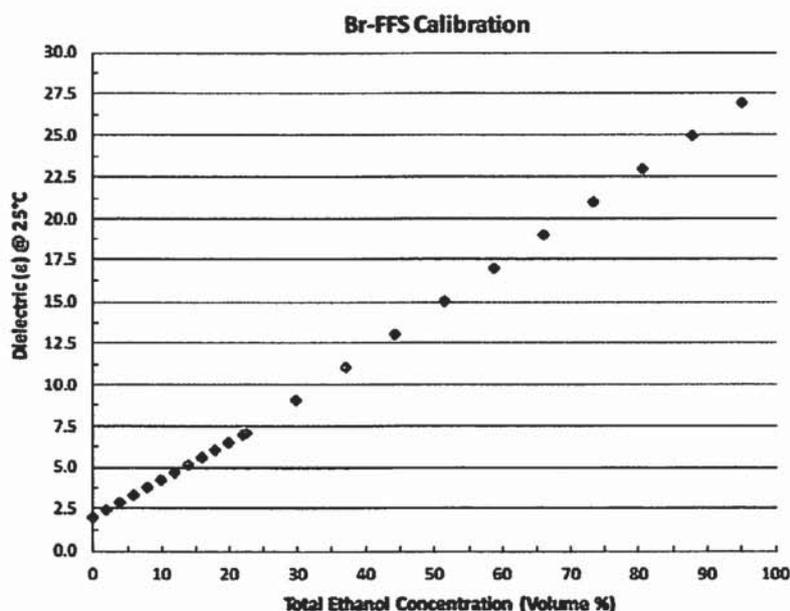


Figura 1 – Gráfico de calibração de misturas de combustíveis de Gasolina e Álcool Brasileiros

O princípio de funcionamento deste sensor está embasado em uma matriz de fabricação na qual o elemento sensor e os elementos de transdução se encontram em uma única peça. Deste modo este dispositivo eletrônico permite determinar a porcentagem de etanol e a temperatura antes de ser enviada ao motor para a queima na câmara de combustão. As medições são feitas a partir da diferença de permissividade elétrica dos combustíveis. A gasolina apresenta uma permissividade elétrica de 2, enquanto que o etanol, de 24,3 aproximadamente. Logo, o teor ou a concentração de etanol no combustível pode ser muito bem determinada em função da relativa permissividade elétrica e sua respectiva condutividade, contudo em uma temperatura fixa.

A análise dos resultados obtidos para as misturas de gasolina e álcool etílico (E25) e etanol E85, pelo método de análise de regressão, com o objetivo de verificar a influência da concentração de álcool na mistura sobre a eficiência térmica e o consumo específico de combustível, foram obtidos os seguintes resultados. Para a primeira proposta, os valores obtidos para a eficiência térmica e o consumo específico de combustível, foram de 20,7% e 146,1 g/kWh, respectivamente. Para a segunda proposta, os valores obtidos para a eficiência térmica e o consumo específico de combustível, foram de 22,5% e 143,1 g/kWh, respectivamente. Logo, permitisse fazer comparações e concluir em relação ao consumo de combustível em função da concentração de álcool nas misturas e de álcool - água.

Na figura 1 é apresentado o resultado gráfico das curvas de eficiência térmica e consumo específico de combustível em função da concentração de álcool na mistura. A proposta de análise de regressão, com o objetivo de verificar a influência da concentração de álcool na mistura sobre a eficiência térmica e o consumo específico de combustível, foram obtidos os seguintes resultados. Para a primeira proposta, os valores obtidos para a eficiência térmica e o consumo específico de combustível, foram de 20,7% e 146,1 g/kWh, respectivamente. Para a segunda proposta, os valores obtidos para a eficiência térmica e o consumo específico de combustível, foram de 22,5% e 143,1 g/kWh, respectivamente. Logo, permitisse fazer comparações e concluir em relação ao consumo de combustível em função da concentração de álcool nas misturas e de álcool - água.

Figura 1 - Gráfico de eficiência térmica e consumo específico de combustível em função da concentração de álcool na mistura.



Figura 1 - Gráfico de eficiência térmica e consumo específico de combustível em função da concentração de álcool na mistura.

O objetivo de fazer uma análise de regressão, com o objetivo de verificar a influência da concentração de álcool na mistura sobre a eficiência térmica e o consumo específico de combustível, foram obtidos os seguintes resultados. Para a primeira proposta, os valores obtidos para a eficiência térmica e o consumo específico de combustível, foram de 20,7% e 146,1 g/kWh, respectivamente. Para a segunda proposta, os valores obtidos para a eficiência térmica e o consumo específico de combustível, foram de 22,5% e 143,1 g/kWh, respectivamente. Logo, permitisse fazer comparações e concluir em relação ao consumo de combustível em função da concentração de álcool nas misturas e de álcool - água.

Na figura 2 e 3 são apresentadas a idealização do sensor e as curvas da constante dielétrica em função da concentração de etanol para um dado valor de temperatura.

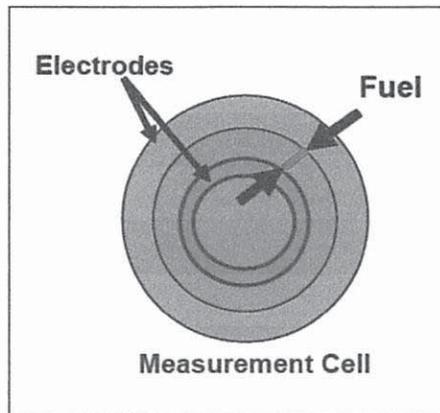


Figura 2 – Seção do sensor mostrando os eletrodos de captação e o volume de combustível

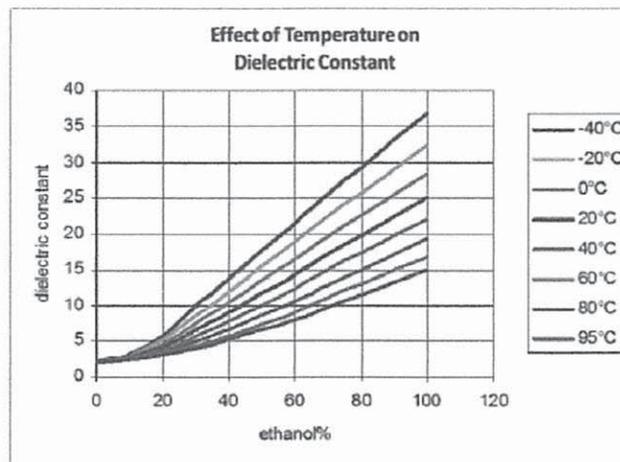


Figura 3 – Curvas de calibração do sensor mostrando a relação da constante dielétrica com a concentração de etanol para uma dada temperatura fixa

No entanto para melhor compreensão, na figura 4 é apresentado a configuração completa do elemento. É possível perceber que além de permitir a detecção, também é enviado o sinal de resposta, isto é, temos embarcado em um único componente o elemento sensor, responsável por traduzir as variações físicas do meio em sinal elétrico e o elemento transdutor, responsável por trabalhar este sinal e digitalizar a resposta para envio a um próximo estágio no veículo automotor.

Na figura 2 e 3 são apresentadas a identificação do sensor e as curvas de calibração digital, em função da concentração de etanol para cada temperatura de funcionamento.

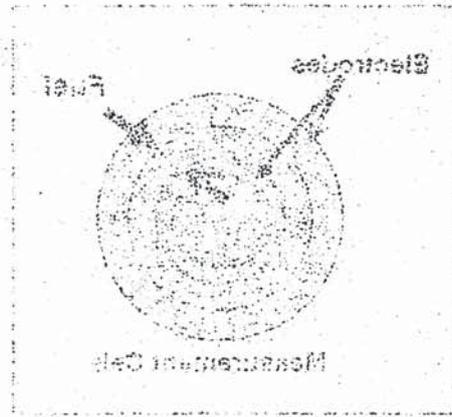


Figura 2 – Seção do sensor mostrando os elementos de captação e o volume de condução.

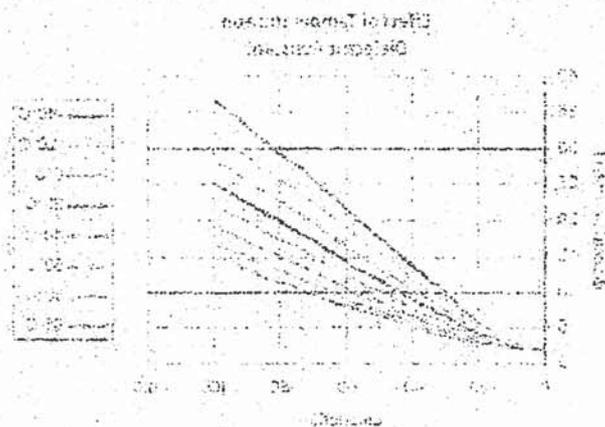


Figura 3 – Curvas de calibração do sensor mostrando a relação de constante digital com a concentração de etanol para cada temperatura fixa.

No entanto para melhor compreensão, na figura 4 é apresentada a configuração completa do elemento. É possível perceber que além de permitir a detecção, também é enviado o sinal de resposta, isto é, temos embarcado em um único componente o elemento sensor responsável por produzir as variações físicas do sinal elétrico e o elemento transdutor responsável por trabalhar com sinal e digitalizar a resposta para envio a um próximo estágio no veículo automotor.

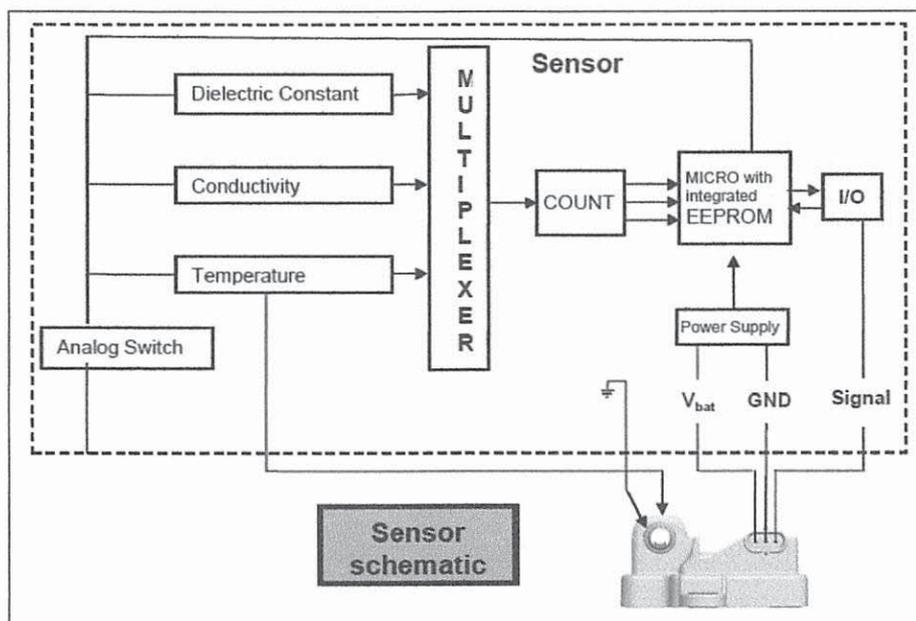


Figura 4 – Esquema do sensor e seu princípio de funcionamento eletrônico

Uma vez polarizado o sensor atua estabelecendo um sinal de saída em função da variação física no combustível em medição. O sinal de saída consiste em uma onda quadrada de frequência compreendida entre 50Hz e 150 Hz, correspondendo a faixa de concentração em volume de etanol, numa faixa de temperatura de -40°C a 125°C e tempo de amostragem menor que 500 ms. Na figura 5 é apresentado a forma do sinal com as características que permitem fazer o estudo e a correlação da concentração de etanol com a frequência de amostragem.

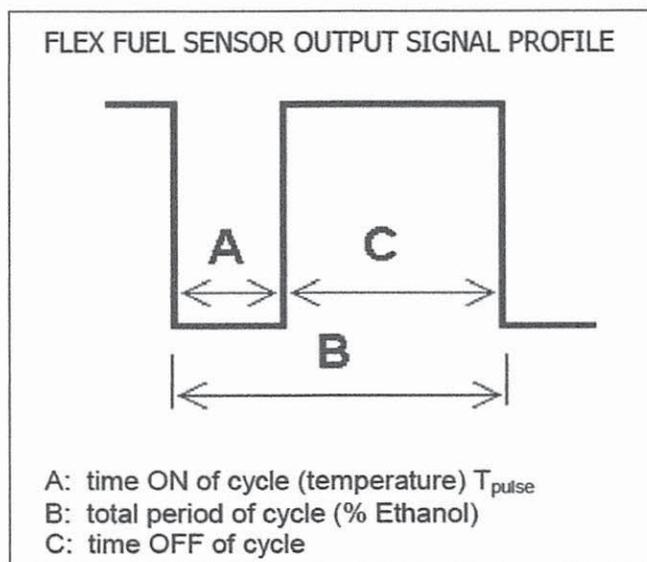


Figura 5 – Aspectos do sinal de saída do sensor Br-FFS

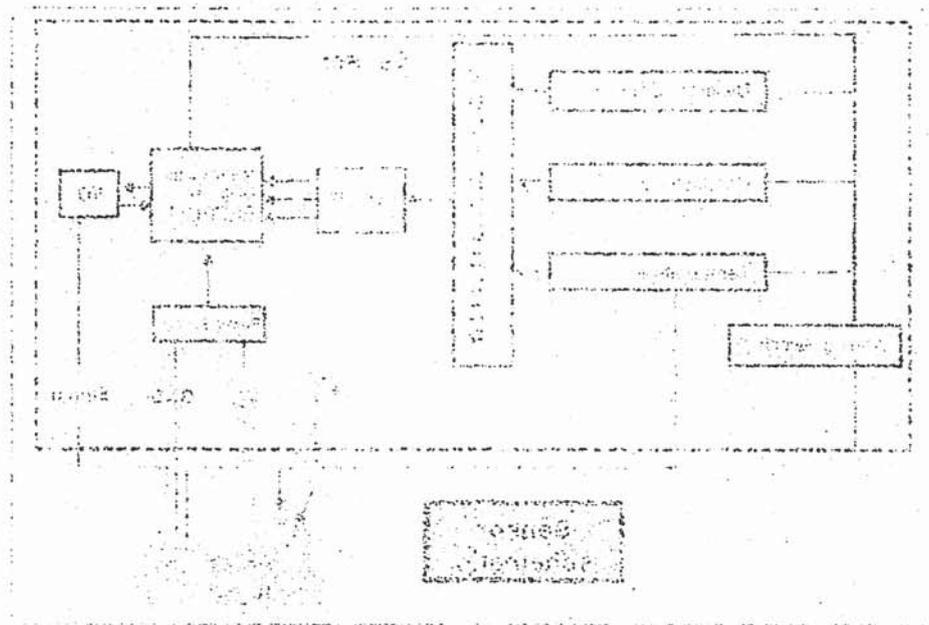


Figura 4 -- Representação do sistema de controle eletrônico de funcionamento eletrônico

Uma vez polarizado o sensor para a obtenção de uma saída em função da variação da temperatura, a saída do sensor é amplificada e filtrada. O sinal de saída é então convertido em frequência por um conversor analógico-digital (ADC) e enviado para um microcontrolador (MCU). O MCU processa o sinal e envia o resultado para um conversor digital-analógico (DAC), que gera uma tensão de saída em função da temperatura. A saída do DAC é conectada ao motor, que atua como um atuador. A saída do motor é conectada ao sensor, fechando o ciclo de controle.

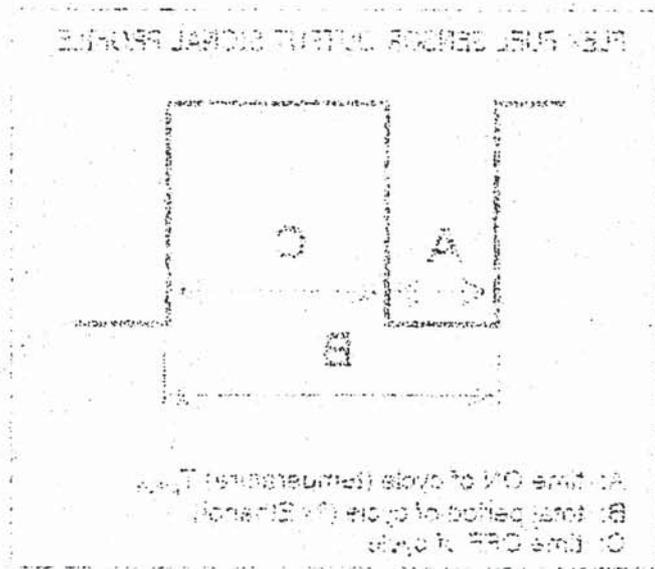


Figura 5 -- Aspectos do sinal de saída do sensor BT-12

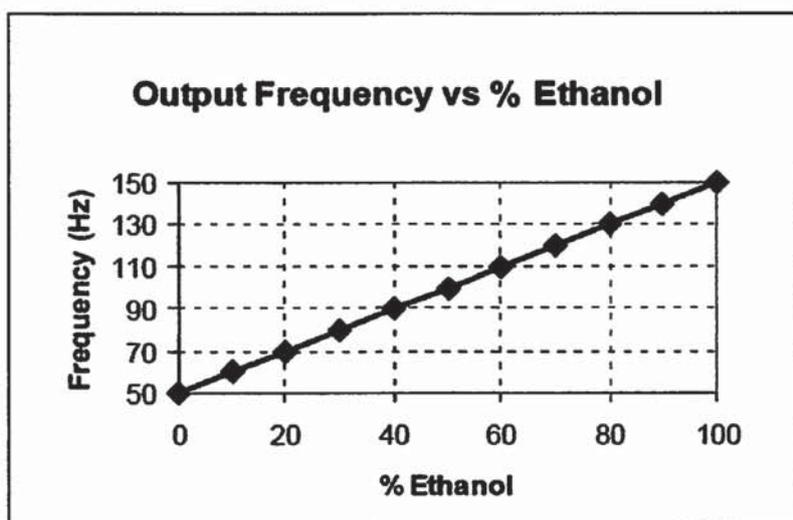


Figura 6 – Gráfico de saída frequência vs etanol

Na figura 6 é apresentada o gráfico em que temos a função resposta da frequência com a concentração de etanol, a uma dada temperatura de medição. Notasse que o comportamento da frequência descreve uma função linear crescente com a concentração de etanol. Na figura 7, é apresentada a tabela de características técnicas obtidas neste estudo.

#	Parameter	Value	Comment
1	Measuring Range	0 ... 100% ethanol*	Fuel temp < 90°C **
2	Output Signal (see information below)	Ethanol %	Signal Frequency : 50Hz to 150Hz Error signal : 170 – 190 Hz
		Temperature	Off time (Low Period of Signal) 1ms to 5ms = -40°C to +125°C
3	Accuracy	± 5% v/v (absolute) ***	Fuel temp < 90°C **
4	Resolution	0.1 % v/v (absolute) Ethanol	Fuel temp < 90°C **
5	Power Supply	9 – 18 V	
6	Reverse Voltage Protection	-16 V	
7	I <sub>cc</sub>	< 25 mA	
8	V <sub>OUT</sub> Sink Current	11 mA maximum	Current limited, < 5mA is a guideline
9	V <sub>OUT</sub> Voltage	3 – 18 V	Pull-up voltage
10	V <sub>OUT</sub> error code frequency tolerance	±0.2 Hz	
11	Temperature Range	Environment	-40°C ... +125°C
		Fuel	-40°C ... +90°C
		Environmental tests	T <sub>max</sub> = 85°C
12	Static Fuel Temperature accuracy	±1.0°C (-40°C to +90°C) ±2.0°C (90°C to +125°C)	
13	Response time	< 1 s	Output updated every ~225 ms
14	Max Fuel Pressure	13.5 bar (189 psi)	Burst pressure > 25 bar (360 psi)
15	Max Pressure Drop	< 7 kPa / 25°C / 26.3 g/s	
16	Max Flow	400 L/hr (80 g/s)	
17	Protection Range	IPX8	
18	Chemical Resistance	All fuel mixtures	
19	Vibration Strength	6 Grms	
20	Environment	Lead free solder	

Figura 7 – Resumo das características

### **Como a temperatura influencia a constante dielétrica de combustíveis**

O Sensor Br-FFS da Continental se mostrou muito apto a detectar a concentração de etanol em combustíveis comerciais e suas misturas relacionando a concentração desta substância com a frequência de medição do sinal por meio de uma função de onda específica. Contudo perguntas acerca dos diferentes tipos de solventes que podem ser utilizados para adulteração de combustíveis ainda continuam sem um aporte para este tipo de detecção. Uma possibilidade que pode ser destinada neste sensor está justamente neste item, isto é, o de ser utilizado para fins de detecção de adulteração e assim, permitir validar ou não um combustível para admissão no motor de um veículo. Assim, para entender como a temperatura pode influenciar uma característica elétrica de um determinado elemento, devemos antes entender também como são os mecanismos de condução e suas variáveis.

Podemos listar várias fenomenologias que podem ser associadas em um meio como os das misturas de combustíveis gasolina e álcool para a condutividade elétrica, entre elas a condutividade iônica; a condução eletrônica; a condução por impurezas; a condução limitada por carga espacial e, ainda, alguns efeitos associados tais como o efeito Poole Frenkel; emissão Shottky e o efeito Fowler-Nordheim [Edemir L Kowalski]. Compreender isto, é de fundamental importância para permitir a evolução e aplicação deste dispositivo.

A constante dielétrica é tudo menos uma constante. Ela depende da frequência, do campo elétrico; da temperatura; da pressão e de outras variáveis [Antônio Lima].

Na área de combustíveis, com o uso de novos elementos, como o biodiesel estudos para avaliação do comportamento elétrico em função da temperatura tem sido realizado. Cordeiro T C et al realizou um estudo aplicado a constante dielétrica relativa de materiais em função da temperatura. O estudo consistiu em analisar o comportamento da capacitância em função da temperatura, tendo como elemento dielétrico materiais pastosos e líquidos em uma geometria capacitiva constante. Dentre os elementos utilizados está o biodiesel de babaçu e canola. As medições feitas permitiram levantar gráficos da constante dielétrica em função da concentração de biodiesel de canola e babaçu, nas concentrações de 0% para diesel puro a até 100% para somente biodiesel e, também, glicerina pura (99,5%). No primeiro caso foram detectadas pequenas variações na constante dielétrica em função da concentração de diesel e biodiesel, enquanto que no segundo caso, por se tratar de um subproduto da produção de biocombustíveis, foi possível compreender a transição de fase deste produto em função da temperatura.

Ainda na questão do biodiesel, Antônio Carlos Vasconcelos desenvolveu pesquisa em nível de doutoramento obtendo um dispositivo para monitorar a concentração e possíveis adulterações de biocombustíveis. Nas palavras do autor:

*“O mecanismo dipolar surge em moléculas apolares quando submetidas a um campo elétrico externo ocorrendo o deslocamento dos centros de cargas positivos e negativos por meio da polarização de distorção o que foi observado para o hexano. A constante dielétrica é diretamente proporcional à*

## Como a temperatura influencia a constante dielétrica de compostos

O fator principal da influência da temperatura sobre a constante dielétrica de um material é a mudança na polarizabilidade dos seus átomos e moléculas. Quando a temperatura aumenta, as moléculas se movem mais rapidamente e a polarizabilidade dos átomos e moléculas aumenta. Isso resulta em uma maior constante dielétrica. Além disso, a temperatura também influencia a orientação das moléculas polares, o que também contribui para a mudança na constante dielétrica.

Portanto, a constante dielétrica de um material geralmente aumenta com a temperatura. No entanto, existem alguns materiais em que a constante dielétrica diminui com a temperatura. Isso ocorre devido a mudanças na estrutura cristalina ou na orientação das moléculas polares.

A constante dielétrica é uma propriedade física que depende da frequência do campo elétrico aplicado e da temperatura do material.

Na prática, a constante dielétrica de um material geralmente aumenta com a temperatura. Isso ocorre porque a polarizabilidade dos átomos e moléculas aumenta com a temperatura. Além disso, a temperatura também influencia a orientação das moléculas polares, o que também contribui para a mudança na constante dielétrica.

Além disso, a constante dielétrica de um material também depende da frequência do campo elétrico aplicado. Isso ocorre porque a polarizabilidade dos átomos e moléculas depende da frequência do campo elétrico.

O material dielétrico é aquele que não conduz a corrente elétrica. A constante dielétrica de um material é uma medida da sua capacidade de armazenar energia elétrica. Quanto maior a constante dielétrica, maior a capacidade de armazenar energia elétrica.



*capacitância sendo linear a concentração da mistura de uma substância em outra para toda a faixa de 0 a 100%. O momento de dipolo se relaciona com a capacitância e constante dielétrica com uma boa aproximação obtida por cálculo empregando o Gaussian 03W em comparação ao valores teóricos encontrados na literatura.”*

Para efeitos da capacitância e estudos que envolvam momentos dipolares, como o realizado pelo autor, a temperatura entra como elemento variável de grande importância. Este estudo nesta tese não fora feito, sendo que as amostras foram analisadas na temperatura média de 31,6°C e cada amostragem calibrada para a temperatura vigente. Nas palavras do autor:

*Para uma mesma temperatura pode-se observar que a variação da constante dielétrica está relacionada diretamente com a variação da capacitância.*

No entanto, durante os testes de calibração do equipamento de medição, o autor percebeu ser necessário aprofundar os estudos levando em conta o efeito da temperatura, como relatado a seguir:

*“A causa, mas provável da dispersão [medidas do capacitor] está relacionada ao efeito da temperatura no manuseio das amostras”*

Logo percebesse que a variável temperatura é fortemente atrelada ao comportamento do sensor podendo ser influenciado dada a natureza da medição em si. Os estudos a serem realizados neste trabalho deverão levar em conta esta variável, bem como expandir a faixa de medição do sensor de modo a permitir a sua aplicação para detecção de substâncias e/ou elementos utilizados comumente na adulteração de combustíveis na tecnologia de motores flex no Brasil.



"A causa, mas provável da dispersão (mediante do capacitor) está relacionada ao aquecimento da temperatura no momento das amostras".

Não obstante, durante os testes de calibração do equipamento, não se percebeu ser necessário agitar o conteúdo dos estudos levando em conta o efeito da temperatura, como relatado a seguir:

Para uma mesma temperatura pode-se observar que a variação da constante dielétrica está relacionada diretamente com a variação da capacitância.

Para efeitos de calibração e estudos que envolvam momentos dipolares, como a realização pelo autor, a temperatura entra como elemento variável de grande importância. Este estudo mostra que não foram feitas as amostras que se sabe se foram realizadas na temperatura média de 25°C, e a metodologia utilizada para a temperatura é igual. Nas palavras do autor:

capacitância sendo inserir a concentração de água de uma substância em outros para a taxa de 0 a 100%. O momento de dipolo se relaciona com a capacitância e constante dielétrica com uma dos aproximadamente obtida por efeito empírico a Gaussiana 0,3W em comparação os valores teóricos encontrados na literatura."

# MODELAGEM DO FUNCIONAMENTO DE UM SERVOMOTOR POR MEIO DE CONTROLE DIGITAL UTILIZANDO SOFTWARE MATLAB e LABVIEW

**R.A.R. Oliveira**

IFSP, Av Salgado Filho, 3501, Vila Rio de Janeiro, CEP 07115-000, Guarulhos São Paulo  
[ricararo@ifsp.edu.br](mailto:ricararo@ifsp.edu.br)

## APRESENTAÇÃO

O presente trabalho procurou mostrar ser possível a partir de dados reais, obter um modelo utilizando software Matlab que descreva esta resposta colhida, obtendo a função de transferência mediante ao impulso de excitação. Para isto, foi lançado mão de um sistema didático de um servomotor em que se procura implementar um controlador digital, em ambiente Labview, ao mesmo tempo que o sinal de aquisição é comparado ao sinal gerado pela planta de controle. Procurou-se compreender e entender dentre as mais variadas formas de projetar e obter um controle eficiente de um processo contínuo, porém em tempo discreto, utilizando equações de diferenças. Logo, nesta proposta de trabalho se objetivou o desenvolvimento de conceitos utilizando ferramentas oriundas da área de controle digital, contudo, procurando estabelecer nível de correlação e resultados que permita obter, de fato o controle para uma planta em situação real de funcionamento.

## INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos aos dias atuais, a humanidade vive em busca constante de processos que possa trazer maior comodidade e situações de vida que permita obter mais tempo para atividades que exijam menor esforço físico e menor custo para obter o produto desejado. Assim sendo, nesta seara encontrasse uso de técnicas e tecnologias as quais vem se somando no decorrer da história, como por exemplo, o uso de guias lineares, fusos de esfera e patins de esfera, na área de movimento linear. Na área de eletrônica e automação, notavelmente há um avanço de processos e técnicas as quais demandam mais estudos para seu aprimoramento. Desde o uso de drives controladores, inversores de frequência, servomotores com encoders e equipamentos de elevada capacidade de

sobrecarga e dinâmica. Em particular, na área de controle temos notadamente a utilização de elementos de seccionamento e partida em regime de carga por meio de contadores aliado ao uso de modernos controladores lógicos programáveis, que permite atingir desempenho com elevada capacidade de processamento, interface de monitoramento gráfica e sistemas de gerenciamento capaz de integrar as mais diferentes tecnologias com o intuito de prover o desenvolvimento da cadeia produtiva. Neste aspecto, portanto, se pretende com este trabalho proporcionar meios de obter controle e propor uma arquitetura que possibilite fazer descrever o funcionamento de um servomotor utilizando para isto um sistema em malha fechada e controle digital por meio da utilização de software específico Matlab e Labview.

# MODELAGEM DO FUNCIONAMENTO DE UM SERVIDOR POR MEIO DE CONTROLE DIGITAL UTILIZANDO SOFTWARE MATLAB e LABVIEW

Isaac M. Oliveira

FEPEL - Av. Salgado Filho, 3301, Vila das Flores, CEP 91131-900, Canoas, RS, Brasil  
E-mail: isaac@fepele.com.br

## RESUMO

O presente trabalho apresenta um modelo matemático de um sistema de controle digital para um servidor de dados. O modelo é baseado em um sistema de controle digital e é implementado no software MATLAB. O modelo é utilizado para simular o comportamento do sistema e para gerar o código de programação do controlador. O modelo é baseado em um sistema de controle digital e é implementado no software MATLAB. O modelo é utilizado para simular o comportamento do sistema e para gerar o código de programação do controlador.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta um modelo matemático de um sistema de controle digital para um servidor de dados. O modelo é baseado em um sistema de controle digital e é implementado no software MATLAB. O modelo é utilizado para simular o comportamento do sistema e para gerar o código de programação do controlador. O modelo é baseado em um sistema de controle digital e é implementado no software MATLAB. O modelo é utilizado para simular o comportamento do sistema e para gerar o código de programação do controlador.

Este trabalho apresenta um modelo matemático de um sistema de controle digital para um servidor de dados. O modelo é baseado em um sistema de controle digital e é implementado no software MATLAB. O modelo é utilizado para simular o comportamento do sistema e para gerar o código de programação do controlador. O modelo é baseado em um sistema de controle digital e é implementado no software MATLAB. O modelo é utilizado para simular o comportamento do sistema e para gerar o código de programação do controlador.

## PARTE EXPERIMENTAL

Para os estudos realizados, foram utilizados equipamentos e sistemas já existentes no Instituto Federal de Tecnologia de Guarulhos – IFSP GRU. Neste ambiente foi lançada mão de um sistema didático de um servomotor com um controlador da National Instrument, DAQ USB 6212, conforme apresentado na figura 1.

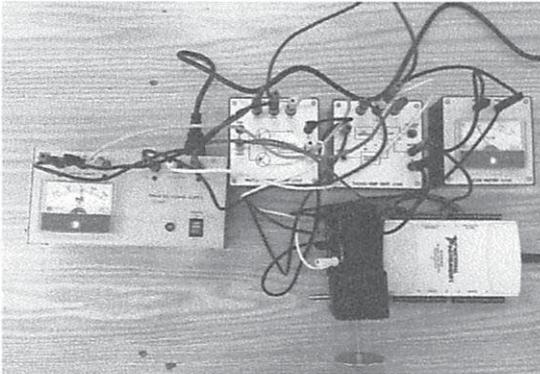


Figura 1 – Sistema de controle de um servomotor

Também contamos com um outro sistema de acionamento de servomotor, para fins didáticos da empresa DeLorenzo. Tratasse de um ServoDriver, modelo ECMA-E21310ES de 1000W de potência, tensão de 110V e corrente nominal de 5,6 A, contudo não fora usado neste momento para o estudo presente, como se pretendia na proposta apresentada para a realização do estudo. Por sua vez, o software utilizado foi o Matlab R2013a do CCE USP e o LabView. A proposta consistiu em modelar o funcionamento do servomotor via Matlab, obtendo a sua função de transferência e por meio do software obtendo o controlador por meio do software Labview, obter o controlador digital utilizando malha aberta e fechada por métodos via de controle PID.

## Cálculo dos parâmetros Kp, Ki e KD pelo método de alocação de pólos

Considerando que  $G(s)$ , a função que descreve matematicamente o servomotor é dado por:

$$G(s) = \frac{K}{s+a}$$

E que  $C(s)$ , a função matemática que descreve o controlador PID dado por:

$$C(s) = \frac{s^2K_d + sK_p + K_i}{s}$$

Podemos estabelecer relação de controle considerando apenas uma realimentação unitária, dada pela equação de transferência abaixo indicada

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{G(s)}{G(s)H(s)+1}$$

Onde  $H(s) = 1$

Logo, inserindo o controlador PID e considerando uma realimentação unitária, temos:

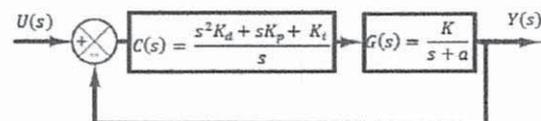


Figura 2 – Diagrama de blocos do sistema realimentado e contendo o controlador PID

E a função de transferência é dado por:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{G(s)C(s)}{G(s)H(s)+1}$$

Substituindo  $G(s)$ ;  $C(s)$  e  $H(s)$  na equação anterior, obtemos:

PARTE EXPERIMENTAL

Para os estudos realizados foram utilizadas equipamentos e sistemas já existentes no Instituto Federal de Tecnologia de Curitiba - IFSC/PR. Neste sentido foi lançada mão de um sistema digital de um servomotor com um controlador de National Instrument DAQ USB 612, conforme apresentado na figura 1.



Figura 1 - Sistema de controle de um servomotor.

Também contamos com um outro sistema de acionamento de servomotor para as atividades da empresa. Este sistema consiste de um servomotor modelo BOMBA-ELETRON de 1000W de potência, tensão de 110V e corrente nominal de 2,6 A. Contudo não foi usado neste momento para o estudo proposto como se pretendeu na proposta apresentada para a realização do estudo. Por sua vez o software utilizado foi o Matlab 2001a de COR USP e o LabView. A proposta consistiu em modelar o funcionamento do servomotor via Matlab, obtendo a sua função de transferência e por meio do software obtendo o controlador por meio do software LabView, obter o controlador digital realizando malha aberta e fechada por métodos via de controle PID.

Cálculo dos parâmetros Kp, Ki e Kd pelo método de ajuste de pólos

Considerando que  $G(s)$  a função que deve ser implementado o servomotor é dada por:

$$G(s) = \frac{k}{s(s+a)}$$

É que  $G(s)$  a função característica que descreve o controlador PID, dado por:

$$G(s) = \frac{K_p + K_i/s + K_d s}{s}$$

Podemos estabelecer relação de controle considerando apenas uma realimentação unitária, pois o ganho de transferência é igual a unidade.

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K_p + K_i/s + K_d s}{s(s+a)}$$

Onde  $U(s) = 1$

Logo, inserindo o controlador PID e considerando uma realimentação unitária, temos:

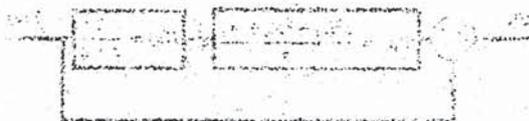


Figura 2 - Diagrama de blocos do sistema realimentado e controlado por PID.

É a função de transferência é dado por:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K_p + K_i/s + K_d s}{s(s+a)}$$

Substituindo  $G(s)$  e  $H(s)$  na equação anterior, obtém-se:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K(s^2 K_d + s K_p + K_i)}{s^2 + s \left( \frac{K K_p + a}{K K_{d+1}} \right) + \left( \frac{K K_i}{K K_{d+1}} \right)}$$

A função de transferência em malha fechada igualada a zero resulta em

$$s^2 + s \left( \frac{K K_p + a}{K K_{d+1}} \right) + \left( \frac{K K_i}{K K_{d+1}} \right) = 0$$

A função de transferência de um sistema de segunda ordem é dado por

$$s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2 = 0$$

Onde

$\xi$  é o coeficiente de amortecimento e,

$\omega_n$  é a frequência natural do sistema

Se os parâmetros do sistema são obtidos, tais como tempo de assentamento, sobressinal e erro estacionário, então o coeficiente de amortecimento pode ser obtido, assim como a frequência natural do sistema, resultando na obtenção do controlador PID.

### Desenvolvimento prático

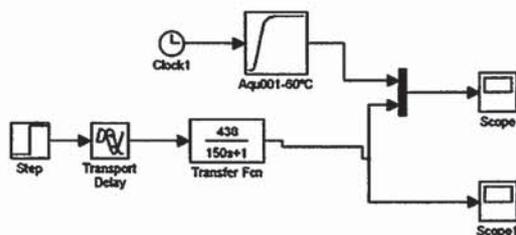


Figura 3 – Planta de processo no Matlab para o modelamento do servomotor apresentado na figura 1.

Na figura 3 é apresentado o diagrama utilizando o Matlab, via Simulink. Nele fora possível implementar a função de transferência do servomotor e comparar o sinal obtido via DAQ USB 6212 da National Instrument. A figura 4 apresenta a imagem do controlador implementado em Labview. Procurou-se verificar a função resposta do controlador por meio de uma excitação em degrau em malha fechada. O resultado colhido levou a influência do sinal de realimentação e utilizou-se o controlador PID.

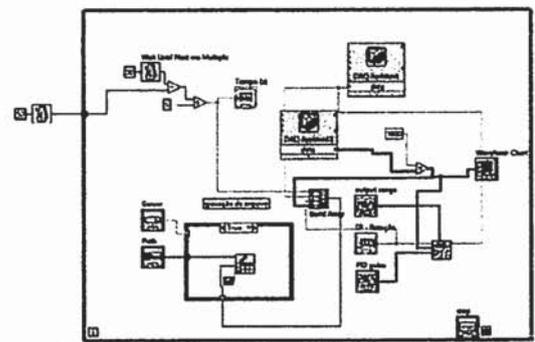


Fig 4 – Imagem do sistema utilizando software Labview em malha fechada

Tabela 1 – Parâmetros Malha Fechada

1243 rpm	t <sub>0,284</sub> =	150	
2768 rpm	t <sub>0,632</sub> =	250	
k=	438		
ta=	150	0.15	
theta=	100	0.1	
Método CHR (sem sobrevalor):			
Kp=	0.00119863		
Ti=	0.174		
Prática	Kp= 0.005	Ti= 0.03	
Método CHR (sem sobrevalor):			
Kp=	0.002054795		
Ti=	0.15		
Td=	0.05		

Os parâmetros deste processo são apresentados na tabela 1 os parâmetros para o controle em malha fechada. Aqui, foi adotado o método de sintonia fina

Na figura 2 é apresentado o diagrama utilizado o sistema via Simulink sendo possível implementar a função de transferência do servomotor e comparar o sinal obtido via DAQ USB 6212 de maneira instantânea. A figura 4 apresenta a imagem do controlador implementado no Labview. Para isso verificou-se a função resposta do controlador por meio de uma excitação em degrau em malha fechada. O resultado colhido levou em consideração o sinal de realimentação e utilizou-se o controlador PID.



Fig. 4 - Imagem do sistema controlado implementado em malha fechada.

Tabela 1 - Parâmetros Médios (cont.)

Parâmetro	Valor	Unidade
$T_n$	0,174	s
$K_p$	0,0019883	
Método CHR (sem elevação)		
$T_n$	0,174	s
$K_p$	0,0019883	
Método CHR (sem elevação)		
$T_n$	0,174	s
$K_p$	0,0019883	

Os parâmetros deste processo são apresentados na tabela 1 os parâmetros para o controle em malha fechada. Aqui foi adotado o método de simulação

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K \cdot (s + z)}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

A função de transferência em malha fechada quando a zero resulta em

$$0 = \left( \frac{K \cdot (s + z)}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \right) + 1$$

A função de transferência de um sistema de segunda ordem é dada por

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

Onde

$\zeta$  é o coeficiente de amortecimento

$\omega_n$  é a frequência natural do sistema

Se os parâmetros do sistema são obtidos tal como tempo de assentamento, sobressinal e erro estacionário, então o coeficiente de amortecimento pode ser obtido assim como a frequência natural do sistema, resultando na obtenção do controlador PID.

Banco - sistema prático



Figura 2 - Plano de controle no Matlab para o implementação do servomotor apresentado no figura 1.

utilizando o controlador no modo PI e no modo PID.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 5 é apresentado o resultado obtido para o controlador PID obtido utilizando o Labview em malha fechada. O sinal apresentado representa a rotação do eixo do servomotor em Rotação por Minuto – RPM.

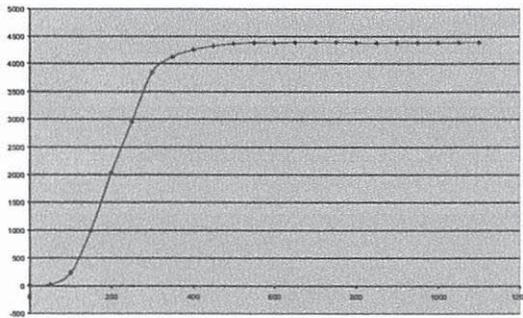


Fig 5 – Sinal do servomotor via controlador PID em Labview

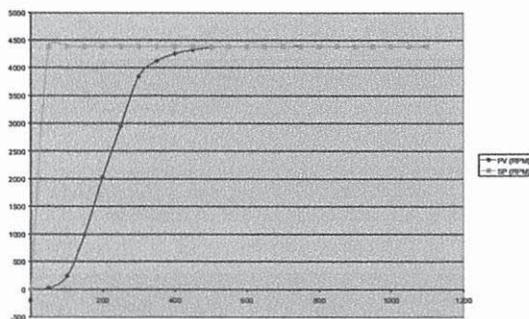


Fig 6 - Sinal do servomotor via controlador PID em Labview com set point.

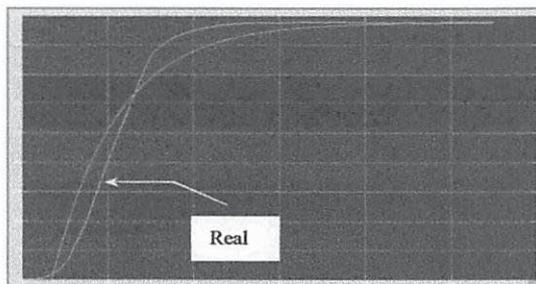


Fig 7 – Imagem da função de transferência obtida utilizando o Matlab (Modelo via método de Smith) e o DAQ USB 6212 (Real)

Como pode ser percebido por meio das imagens e gráficos, temos um sistema

cujas resposta impulsiva é de primeira ordem. O método utilizado para a obtenção de parâmetros foi o Smith. Para isto, considerou-se  $K$  sendo o valor final da curva na função resposta, dado pela equação  $k = y_f$ . Diferentemente de outros métodos, neste foram marcados sobre a curva da função resposta dois pontos distintos, os instantes de tempo  $t_1$  e  $t_2$ , correspondentes às passagens da resposta pelos pontos  $y(t) = 0,283y_f$  e  $y(t) = 0,632y_f$ . Conforme mostrado abaixo na figura 8.

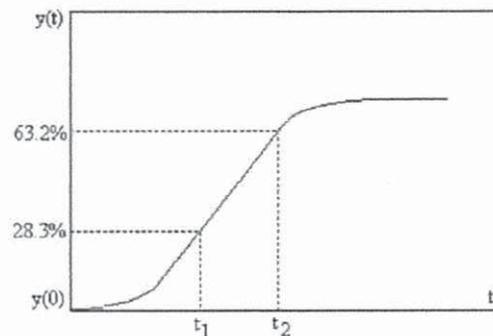


Fig 8 – Método de Smith para modelagem de processos de primeira ordem (Coelho, 2004)

Assim, obtivemos:

$$K = 438$$

$$\tau = 150$$

$$\text{Atraso de transporte: } \theta = 100$$

A função de transferência obtida pelo método é apresentada abaixo

$$G(s) = \frac{438}{150s + 1}$$

Na figura 9 é apresentada a resposta para o modelo obtido considerando o servo motor em funcionamento e variando-se a velocidade de rotação de seu eixo.

esta resposta impulsiva é de primeira ordem. O método utilizado para a obtenção de parâmetros foi o método de mínimos quadrados. Para este, consideramos  $K$  sendo o valor final da curva na função resposta dada pela equação (1). Diferentemente de outros métodos, neste foram marcados sobre a curva da função resposta duas pontos distintos, os instantes de tempo  $t_1$  e  $t_2$ , correspondentes às passagens da resposta pelos pontos  $y(t_1) = 0,133y$  e  $y(t_2) = 0,833y$ . Conforme mostrado abaixo na figura 8.

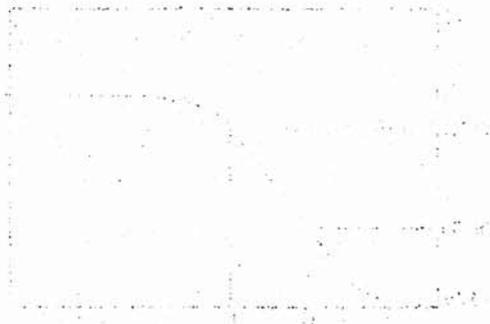


Fig. 8 - Método de mínimos quadrados empregado na obtenção de parâmetros (Cohen, 2004)

Assim obtivemos:

$$K = 4,28$$

$$\tau = 1,20$$

$$\text{Atraso de transporte: } 0 = 100$$

A função de transferência obtida pelo método é apresentada abaixo:

$$G(s) = \frac{4,28}{s + 0,83}$$

Na figura 9 é apresentado a resposta para o método obtido considerando o servo motor em funcionamento e variando-se a velocidade de rotação de seu eixo.

utilizando o controlador no modo PI e no modo PID.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2 é apresentado o resultado obtido para o controlador PID obtido utilizando o LabView em uma tabela. O sinal apresentado representa a rotação do eixo do servomotor em Rotação por Minuto - RPM.

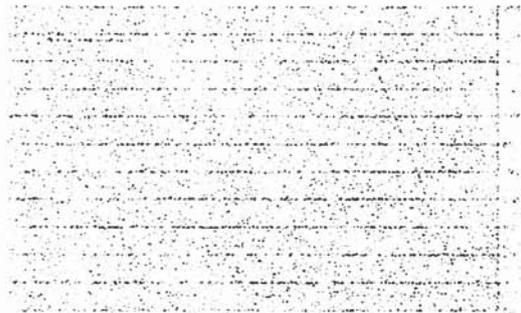


Fig. 7 - Função de transferência obtida via método de mínimos quadrados

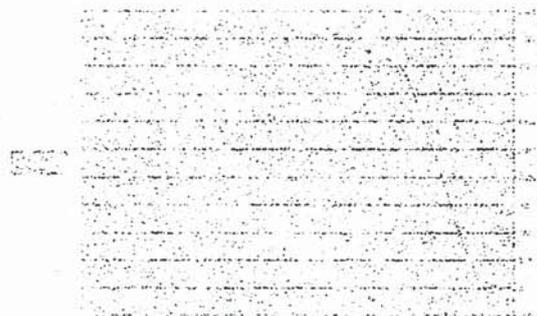


Fig. 6 - Função de transferência obtida via método de mínimos quadrados

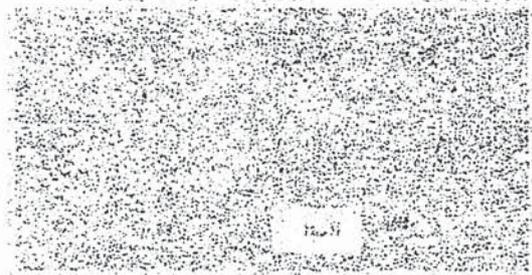


Fig. 5 - Função de transferência obtida via método de mínimos quadrados empregado na obtenção de parâmetros (Cohen, 2004)

Como pode ser percebido por meio das imagens e gráficos, foram um sistema

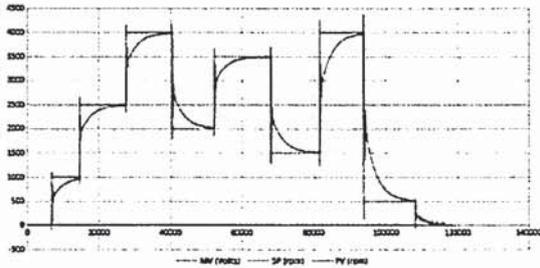


Fig 9 – Imagem da função peso da planta em malha fechada que representa o comportamento do servomotor, variando-se a rotação de eixo

Um modelamento feito utilizando o Matlab para a função de transferência obtida para o servomotor em estudo é apresentado a seguir, na imagem da figura 10. Tratasse de um código que realiza um controlador PID e apresenta a função peso do sistema na figura 11 e os pólos da função, figura 12.

```
%Controlador para o servomotor
clear all; close all; clc
%planta continua
Gs=tf(438,conv([1],[150 1]))
%planta discreta
T=0.1
%planta discreta utilizando c2d
Gz=c2d(Gs,T)
figure; step(Gz); grid;
%Ctrl PID e Malha Fecha com PID
Kp=50; %ganho proporcional
Kd=50; %ganho derivativo
Ki=0; %ganho integral
PID=tf([(Kp+Kd+Ki) -(Kp+2*Kd) Kd], [1 -1 0], T);
MF1=feedback(PID*Gz,1);
Kp=50; %ganho proporcional
Kd=50; %ganho derivativo
Ki=1; %ganho integral
PID=tf([(Kp+Kd+Ki) -(Kp+2*Kd) Kd], [1 -1 0], T);
MF2=feedback(PID*Gz,1);
Kp=50; %ganho proporcional
Kd=50; %ganho derivativo
Ki=5; %ganho integral
PID=tf([(Kp+Kd+Ki) -(Kp+2*Kd) Kd], [1 -1 0], T);
MF3=feedback(PID*Gz,1);
figure; step(MF1,MF2,MF3); grid;
legend('Kp=50,Kd=50,Ki=0','Kp=50,Kd=50,Ki=1','Kp=50,Kd=50,Ki=5')
figure
rlocus(Gz); zgrid;
```

Figura 10 – código em programa Matlab de um controlador PID

Abaixo é apresentada a função de transferência em tempo contínuo

$$G(s) = \frac{438}{150s + 1}$$

Por meio do comando c2d, obteve-se a função discretizada, apresentada abaixo:

$$z^{-100} * \frac{2.91}{z - 0.9934}$$

O tempo de amostragem foi de T=0.1 segundos. A curva resposta obtida, é apresentada na figura 11.

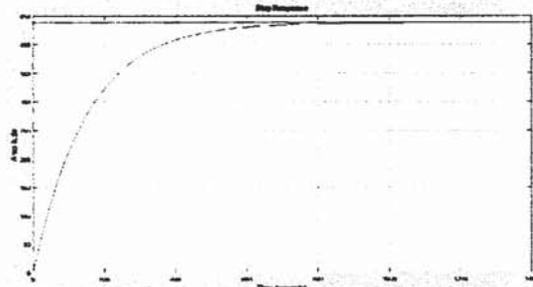


Figura 11 – Resposta em degrau do controlador digital projetado

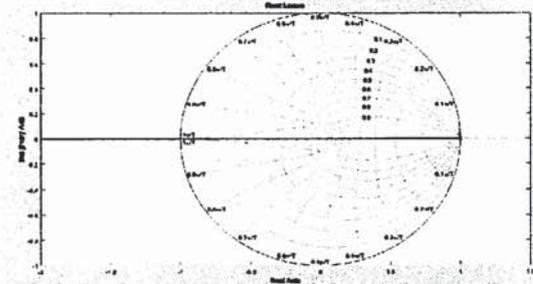


Figura 12 – Pólos da função peso do sistema obtido para um controlador PID no Matlab

## CONCLUSÃO

Verificando os resultados obtidos, percebemos que foi possível modelar o funcionamento de um servomotor a partir de uma plataforma em software e equações matemáticas. O método de Smith se mostrou muito bom, pois permitiu obter os parâmetros necessários para a obtenção da função de

For meio de comando da máquina de controle  
devido a natureza da operação.

Fig. 1 - Diagrama de blocos da máquina de controle  
devido a natureza da operação.

O tempo de resposta da máquina de controle  
é a soma dos tempos de resposta da máquina de controle  
e da máquina de controle.

Figura 1 - Diagrama de blocos da máquina de controle  
devido a natureza da operação.

Figura 2 - Diagrama de blocos da máquina de controle  
devido a natureza da operação.

### CONCLUSÃO

Verificando os resultados obtidos, pode-se concluir que a máquina de controle de funcionamento de tipo automático e com controle de velocidade é uma máquina de controle de velocidade. O tempo de resposta da máquina de controle de velocidade é a soma dos tempos de resposta da máquina de controle de velocidade e da máquina de controle de velocidade.

Fig. 3 - Diagrama de blocos da máquina de controle  
devido a natureza da operação.

Um modelo matemático da máquina de controle de velocidade para a máquina de controle de velocidade é obtido a partir da máquina de controle de velocidade e da máquina de controle de velocidade. O tempo de resposta da máquina de controle de velocidade é a soma dos tempos de resposta da máquina de controle de velocidade e da máquina de controle de velocidade.

Figura 3 - Diagrama de blocos da máquina de controle  
devido a natureza da operação.

Adicionalmente, a máquina de controle de velocidade é obtida a partir da máquina de controle de velocidade e da máquina de controle de velocidade.

Fig. 4 - Diagrama de blocos da máquina de controle  
devido a natureza da operação.

transferência do motor, o qual foi feito via Matlab. Por outro lado, o controle digital obtido via Labview em malha fechada descreveu satisfatoriamente o comportamento do servomotor, tendo tempo de subida muito próximo ao medido pelo DAQ USB 6212. Finalmente, o controle construído permitiu estabelecer a função peso do equipamento, por meio da variação de sua rotação e a verificação do controle mediante set point. Para efeitos de comparação, um script (código) foi simulado no matlab, permitindo obter a função peso discretizada, bem como os pólos da função de um típico controlador digital por PID.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] **Controle de Servomotor**; Marcelo Moreto, Monografia, USF, 2007.

[2] **Metodologia para a construção de protótipos didáticos para os cursos de controle e Automação de Sistemas**, Max Rote Neves, Orlando Fonseca Silva, José Augusto L. Barreiros; Universidade Federal do Pará, 2004.

[3] **Investigação de Estratégias de Controle Digital para Regulação de velocidade e emulação da dinâmica de turbinas hidráulicas, com implementação e testes experimentais em uma micromáquina de 10 kVA**; Paulo Sérgio Nascimento Filho, Walter Barra Júnior, Carlos Tavares da Costa Júnior, UFPA, 2011

[4] \_\_\_\_\_  
[http://www.delorenzo.com.br/delorenzo\\_produtos.htm](http://www.delorenzo.com.br/delorenzo_produtos.htm)

[5] **Identificação e projeto de Controladores Aplicados em um motor CC**, Leonardo Leal de Sá e Renato C. Medeiros Amorim; Monografia, Universidade de Brasília – UNB, 2013.

[6] **Identificação de sistemas dinâmicos lineares**, Coelho AAR, Coelho LS; USFC, 2004.

utilização de motor e para ser feita  
 via digital, por meio de controle  
 digital, obtido nos laboratórios  
 de testes de desenvolvimento e  
 componentes de software, tendo  
 como base as normas técnicas  
 estabelecidas pelo DAB, DAB 2112,  
 finalmente, o controle construído  
 permitiu estabelecer a função de  
 controle por meio de verificação de  
 rotina e a verificação de controle  
 mediante set point. Para efeitos de  
 comparação, um script (código) foi  
 simulado no Matlab, permitindo obter  
 a função para discretização, bem como os  
 polos de função de um tipo controlador  
 digital por PID.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Controle de processos de tempo discreto. *Engenharia de Controle e Automação*, 2007.
- [2] Metodologia para a construção de funções digitais para os casos de controle e construção de sistemas de controle. *Revista Brasileira de Engenharia de Controle e Automação*, 2007.
- [3] Investigação de estratégias de controle digital para sistemas de controle e construção de funções digitais. *Revista Brasileira de Engenharia de Controle e Automação*, 2007.
- [4] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [5] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [6] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [7] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [8] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [9] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [10] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [11] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [12] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [13] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [14] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [15] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [16] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [17] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [18] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [19] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.
- [20] *Controle de processos de tempo discreto*. Editora de Controle e Automação, 2007.



Universidade de São Paulo  
Escola Politécnica  
FICHA DO ALUNO



---

3139 - 3429132/1 - Ricardo Aparecido Rodrigues de Oliveira

Email: raro@estadao.com.br (favor indicar um email usp.br o mais rápido possível)  
Data de Nascimento: 02/08/1976  
Cédula de Identidade: RG - 24.150.347-4 - SP  
Local de Nascimento: Estado de São Paulo  
Nacionalidade: Brasileira

---

Curso: Aluno Especial  
Programa: Engenharia Elétrica  
Área: Engenharia de Sistemas  
Data de Matrícula:  
Início da Contagem de Prazo:  
Data Limite para o Depósito:

Data de Aprovação no Exame de Qualificação: (não exigido)

Data do Depósito do Trabalho:  
Título do Trabalho:  
Data Máxima para Aprovação da Banca:  
Data de Aprovação da Banca:  
Data Máxima para Defesa:  
Data da Defesa:  
Resultado da Defesa:

---

Última ocorrência:

Impresso em: 19/02/2016 15:04:59

  
Fátima Regina Gonçalves Sanches Domingues  
Chefe do Serviço de Pós-Graduação



Universidade de São Paulo  
Escola Politécnica  
FICHA DO ALUNO



3139 - 3429132/1 - Ricardo Aparecido Rodrigues de Oliveira

Sigla	Nome da Disciplina	Início	Término	Carga Horária	Cred.	Freq.	Conc.	Exc.	Situação
PTC5719-3/2	Identificação de Sistemas	23/02/2015	29/05/2015	120	0	92	R	S	Concluída
PTC5611-1/1	Controle Digital de Sistemas Dinâmicos	08/06/2015	04/09/2015	120	0	75	R	S	Concluída
PTC5611-1/2	Controle Digital de Sistemas Dinâmicos	06/06/2016	02/09/2016	120	0	-	-	S	Pré-matricula deferida

	Créditos mínimos exigidos		Créditos obtidos
	Para exame de qualificação	Para depósito de tese	
Disciplinas:	0		
Atividades Programadas:	0		
Seminários:	0		
Estágios:	0		
Total:	0		

Créditos Atribuídos à Tese: 0

**Conceito até 31/12/1996:**

A - Excelente, com direito a crédito; B - Bom, com direito a crédito; C - Regular, com direito a crédito; D - Insuficiente, sem direito a crédito; E - Reprovado, sem direito a crédito; I - Incompleto; J - Abandono Justificado; T - Transferência.

Um(1) crédito equivale a 15 horas de atividade programada.

**Conceito a partir de 02/01/1997:**

A - Excelente, com direito a crédito; B - Bom, com direito a crédito; C - Regular, com direito a crédito; R - Reprovado; T - Transferência.

Um(1) crédito equivale a 15 horas de atividade programada.

Última ocorrência:

Impresso em: 19/02/2016 15:04:59

*Fátima Regina Gonçalves Sanches Domingues*  
Fátima Regina Gonçalves Sanches Domingues  
Chefe do Serviço de Pós-Graduação