

THIAGO DA ROSA SECCO

ANÁLISE DA VIDA ÚTIL DE UM SENSOR DE COMBUSTÍVEL UTILIZADO
EM AERONAVES

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia Mecânica
da Escola de Engenharia da
Universidade Federal do Rio Grande
do Sul, como parte dos requisitos para
obtenção do diploma de Engenheiro
Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Juan Pablo Raggio Quintas

Porto Alegre
2010



Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Escola de Engenharia

Departamento de Engenharia Mecânica

**ANÁLISE DA VIDA ÚTIL DE UM SENSOR DE COMBUSTÍVEL UTILIZADO EM
AERONAVES**

THIAGO DA ROSA SECCO

**ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
ENGENHEIRO(A) MECÂNICO(A)
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**Prof. Walter Jesus Paucar Casas
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica**

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. IGNÁCIO ITURRIOZ

Prof. Dr. ROGÉRIO JOSÉ MARCZAK

Prof. Dr. WALTER JESUS PAUCAR CASAS

**Porto Alegre
2010**

Dedico esse trabalho de modo especial aos meus pais, Pedro e Jurema, pelo apoio, compreensão e amor dedicado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e todos os seus colaboradores pela oportunidade da formação acadêmica com extrema qualidade;

Ao meu orientador Juan Pablo Raggio Quintas, pela disponibilidade, simpatia e dedicação;

À NHT Linhas Aéreas por disponibilizar suas dependências, ferramentas e colaboradores para realizar esse trabalho;

Aos engenheiros José João Sokolnik, Harold Braun e Fernando Koch pela oportunidade de estágio, conhecimentos transmitidos e amizade;

A todo pessoal do Laboratório de Metalurgia Física da UFRGS, pela amizade e conhecimentos transmitidos.

À família Poletto, pelo carinho e pela acolhida em época de provas, oferecendo-me sempre quitutes e rosquinhas;

Aos grandes amigos e companheiros das terças feiras da pizza;

Aos meus colegas de graduação, que sempre estiveram à disposição para ajudar nas horas difíceis ou para fazer festa;

Por fim, à Nariélle, minha namorada, que sempre apoiou minhas decisões e ficou ao meu lado nas horas mais difíceis.

Obrigado a todos!

"Existem três frases curtas que levarão sua vida adiante: 'Não diga que fui eu!', 'Oh, boa idéia, chefe!' e 'Já estava assim quando cheguei!'.
[Homer J. Simpson]

SECCO,T.R. **Análise da vida útil de um sensor de combustível utilizado em aeronaves.** 2010. 30f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

RESUMO

Este trabalho propõe uma metodologia para uma avaliação de uma possível extensão da vida de um sensor de combustível utilizado nas aeronaves LET410 UVP-E20. Essa metodologia foi realizada através de ensaios em uma bancada de testes, construída para o fim de simular o ambiente dos tanques de combustível da aeronave e assim, medir o sinal de saída dos sensores em diversos níveis de combustível. Foram comparados os tempos de utilização dos sensores com o erro dos mesmos, em relação ao valor do sinal determinado pelo fabricante do sensor. Também foram plotados gráficos com as linhas de tendência desses sensores e apesar dos diferentes modelos de sensores não seguirem um padrão de tendência entre si, os mesmos não ultrapassam um limite máximo estipulado. Pode-se então, através de mais ensaios, gerar mais pontos e obter uma linha de tendência mais confiável e então verificar a possibilidade de um pedido de extensão de vida para os sensores perante a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

PALAVRAS-CHAVE: Sensor de Combustível, Vida Útil, Aeronaves LET 410 UVP-E20.

SECCO, T.R. **Analysis of the life cycle of a fuel sensor used in aircrafts**. 2010. 30f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

ABSTRACT

This paper proposes a methodology for evaluating a possible extension of the life limit of a airplane fuel sensor of the airplanes LET410 UVP-E20. This methodology was done through tests on a test bench, built for the purpose of simulating the environment of the fuel tanks of the airplane and thus measure the output signal of the sensors at different levels of fuel. Was compared the hours of use of sensors with the error, in relation of the value of the signal given by the sensor manufacturer. Were also plotted graphs with trend lines of such sensors and despite different sensor models do not follow a pattern of trend among themselves, even though they do not exceed a stipulated maximum error. You can then, through more tests, create more points and get a more reliable trend line and then verify the possibility of an application for extension of life limit for the sensors before the National Civil Aviation Agency (ANAC).

KEYWORDS: Fuel sensor, Life cycle, Aircrafts LET 410 UVP-E20.

LISTA DE FIGURAS

	Pg.
Figura 2.1 – Foto de uma aeronave LET 410 UVP E-20.....	3
Figura 2.2 – Desenho e foto do sensor de combustível.....	4
Figura 2.3 – Disposição das células de combustível na asa da aeronave.....	4
Figura 2.4 – Distribuição normal.....	6
Figura 2.5 – Cuba e medidor de capacitância utilizados.....	8
Figura 2.6 – Imagem de dois sensores sendo ensaiados.....	9
Figura 2.7 – Gráfico da capacitância versus nível de combustível.....	13
Figura 2.8 – Gráfico da tendência dos sensores ensaiados.....	14
Figura D.1 - Gráfico da capacitância x Nível de combustível. (LUN1636.01-8).....	20
Figura D.2 - Gráfico da capacitância x Nível de combustível. (LUN1637-8).....	20
Figura D.3 - Gráfico da capacitância x Nível de combustível. (LUN1638-8).....	20
Figura D.4 - Gráfico da capacitância x Nível de combustível. (LUN1649-8).....	20

LISTA DE TABELAS

	Pg.
Tabela 2.1 – Relação entre o modelo do sensor e sua localização na aeronave.....	5
Tabela 2.2 – Níveis de confiança conforme desvio padrão.....	6
Tabela 2.3 – Capacitância elétrica para cada nível de combustível.....	8
Tabela 2.4 – Tempo de uso, em horas, de cada sensor ensaiado.....	9
Tabela 2.5 – Volume de cada célula e relação volume/capacitância.....	10
Tabela 2.6 – Dados dos ensaios no modelo LUN1635-8.....	11
Tabela 2.7 – Dados das medições realizadas com a incerteza do capacitmetro.....	12
Tabela 2.8 – Tabela com a diferença entre calibrado/medido (LUN1635-8).....	13
Tabela 2.9 – Média dos erros em relação ao calibrado. (modelo LUN1635-8).....	14
Tabela A.1 – Dados dos ensaios referente ao sensor LUN1649-8.....	17
Tabela A.2 – Dados dos ensaios referente ao sensor LUN1636.01-8.....	17
Tabela A.3 – Dados dos ensaios referente ao sensor LUN1637-8.....	17
Tabela A.4 – Dados dos ensaios referente ao sensor LUN1638-8.....	17
Tabela B.1 - Erro máximo para cada modelo.....	18
Tabela C.1 – Dados das medições realizadas com a incerteza do instrumento.....	19
Tabela E.1 - Tabela da diferença entre o sensor calibrado e o medido. (LUN1636.01-8).....	21
Tabela E.2 - Tabela da diferença entre o sensor calibrado e o medido. (LUN1637-8).....	21
Tabela E.3 - Tabela da diferença entre o sensor calibrado e o medido. (LUN1638-8).....	21
Tabela E.4 - Tabela da diferença entre o sensor calibrado e o medido. (LUN1649-8).....	21

SUMÁRIO

	Pág.
1. Introdução.....	1
2. Desenvolvimento.....	2
2.1. Revisão Bibliográfica.....	2
2.1.1. Capacitância.....	2
2.1.2. Aeronaves LET 410 UVP E-20.....	2
2.1.3. Sensor Capacitivo de Combustível.....	3
2.1.4. Avaliação da Incerteza Padrão.....	5
2.2. Apresentação do Problema.....	7
2.2.1. Problema Experimental.....	7
2.3. Resultados e Discussões.....	10
2.3.1. Ensaios.....	10
2.3.2. Análise dos Dados.....	11
3. Conclusão.....	15
4. Referências Bibliográficas.....	16
Apêndice A.....	17
Apêndice B.....	18
Apêndice C.....	19
Apêndice D.....	20
Apêndice E.....	21

1. INTRODUÇÃO

A manutenção de aeronaves está baseada em dois guias de manutenção, um deles é o manual de manutenção do fabricante da aeronave, que impõe os limites e os tipos de inspeções, tanto para componentes quanto para a aeronave. O outro guia é o manual de manutenção da empresa operadora. Esse manual deve ser homologado pela empresa de fiscalização do país de operação, no caso do Brasil, Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

O manual de manutenção da operadora pode ter diferenças para com o manual do fabricante, porém apenas quando for a favor da segurança. Porém há um recurso muito usado pela engenharia de manutenção que é a solicitação de extensão de um limite de vida de um componente ou ainda, a diminuição da frequência de uma determinada inspeção. Para a aprovação de um pedido como esse, é necessário provar tecnicamente com um trabalho científico a viabilidade do projeto e apresentá-lo junto a ANAC. Esse projeto é analisado e se aprovado, a operadora estará respaldada legalmente a realizá-lo.

Será realizada nesse trabalho uma proposta de metodologia para uma futura análise da possibilidade de extensão do limite de vida de um sensor de combustível. Essa metodologia se dará através da construção de uma bancada de ensaios para esses sensores, simulando a atividade normal dos mesmos no interior das células de combustível da aeronave. Através de comparações e diversos ensaios em inúmeros sensores, onde se espera chegar a uma mínima variação ao longo do tempo do sinal de saída desse sensor. Como esse sensor de combustível não está sujeito a nenhum tipo de esforço ou desgaste, será analisado apenas sua capacidade de medição ao longo do tempo de operação e com isso, gerar uma tendência dos erros para em um futuro verificar a possibilidade de extensão do seu limite de vida, que é pré-determinado pela fábrica.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1. Capacitância

Segundo Halliday, Resnick e Walker, a capacitância é a capacidade de armazenamento de carga elétrica. A capacitância é igual à quantidade de carga que pode ser armazenada num capacitor dividido pela tensão aplicada as placas. A capacitância, em Farad (F), é dada por:

$$C = Q/V \quad (2.1)$$

onde Q é a quantidade de carga, em Coulomb, e V é a tensão aplicada, em Volts.

O Farad é a capacitância que armazena um Coulomb de carga no dielétrico com uma tensão de um volt. A característica do dielétrico que descreve a sua capacidade de armazenar energia elétrica é chamada de constante dielétrica. Usa-se o ar como referência e lhe é atribuída uma constante dielétrica igual a um.

A capacitância de um capacitor depende da área das placas condutoras, da separação entre as placas, e da constante dielétrica do material isolante. Para um capacitor com duas placas paralelas, a capacitância pode ser dada também por:

$$C = k \frac{A}{d} (8,085 \cdot 10^{-12}) \quad (2.2)$$

onde k é a constante dielétrica do material isolante, A é a área da placa, em m², e d é a distância entre as placas.

Na maioria das vezes a capacitância medida nos capacitores a unidade farad é muito grande para conseguir uma boa medida, sendo necessária a utilização de submúltiplos como o μF (10⁻⁶), nF (10⁻⁹) e até pF (10⁻¹²).

2.1.2. Aeronaves LET 410 UVP E-20

As aeronaves LET 410 são fabricadas em Kunovice na República Tcheca, essas aeronaves são construídas para operar no rigoroso inverno do norte europeu, sendo expostas a baixas temperaturas. Para tal feito é preciso uma construção robusta e com altos fatores de segurança. A aeronave suporta 17 passageiros e mais dois tripulantes na configuração de transporte de

passageiros, com espaço superior do que a maioria das aeronaves de mesmo porte. A aeronave tem autonomia de até 1400 km e mais 45 minutos de voo de reserva, contando com uma velocidade de cruzeiro de aproximadamente 390 km/h. Na figura 2.1 pode-se visualizar uma das aeronaves LET 410 da empresa aérea NHT Linhas Aéreas Ltda. (Manual de Operação LET)



Figura 2.1 – Foto de uma aeronave LET 410 UVP E-20 da NHT Linhas Aéreas Ltda.

2.1.3. Sensor Capacitivo de Combustível

Segundo Manual de Manutenção LET, esse tipo de sensor utiliza o efeito capacitivo para medir uma variação no nível de combustível no interior do tanque. Ele possui cilindros concêntricos que têm a função de capacitores quando adicionado combustível como dielétrico. Quando é adicionado combustível na célula, o mesmo entra por orifícios na base do sensor, e conforme o nível de combustível aumenta no interior dos cilindros, a área de contato placa-dielétrico-placa aumenta, aumentando com isso a capacitância medida. Esse tipo de sensor é encontrado nas aeronaves LET410 de fabricação Tcheca. Um desenho esquemático do sensor encontra-se a seguir na figura 2.2, juntamente com uma foto do mesmo.

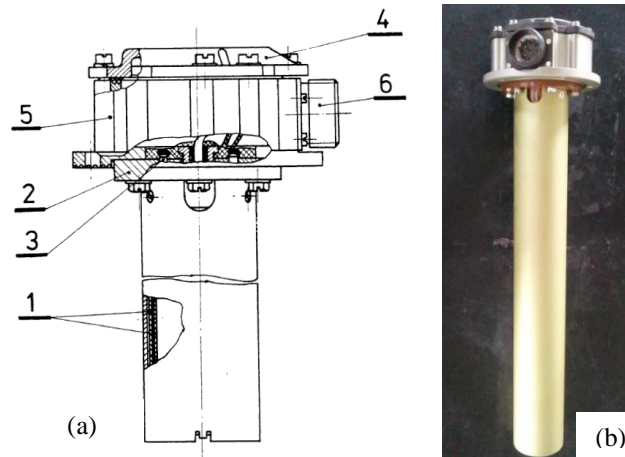


Figura 2.2 – (a) Desenho do sensor de combustível ensaiado. 1. Tubo coaxial. 2. Flange. 3. Inserção. 4. Capa. 5. Cabeça. 6. Plugue. (b) Foto do sensor de modelo LUN 1635-8 (Fonte: Manual de Manutenção LET)

Há cinco modelos de sensores instalados em cada asa da aeronave, totalizando dez sensores por aeronave. Apesar da mudança de modelo, apenas o tamanho varia entre eles, isso é necessário para a adaptação ao tamanho das células de combustível. Na figura 2.3 é visto um desenho esquemático da asa da aeronave com a disposição das células de combustível. Em adição na tabela 2.1, é relacionado o modelo do sensor com a localização do mesmo na asa da aeronave.

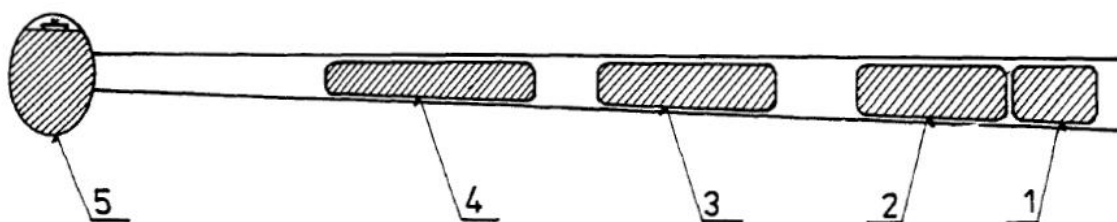


Figura 2.3 – Disposição das células de combustível na asa da aeronave. (1) Célula Coletora (LUN1635-8). (2) Célula Intermediária (LUN1636.01-8). (3) Célula Externa (LUN1637-8). (4) Célula Adicional (LUN1638-8). (5) Tanque de Ponta de Asa (LUN1649-9).

(Fonte: Manual de manutenção LET)

Tabela 2.1 – Relação entre o modelo do sensor e sua localização na aeronave.

Modelo do sensor	Localização
LUN1635-8	Célula Coletora
LUN1636.01-8	Célula Intermediária
LUN1637-8	Célula Externa
LUN1638-8	Célula Adicional
LUN1649-8	Tanque de Ponta de Asa

2.1.4. Avaliação da incerteza

Segundo Buchweitz e Dionísio, 1994, na maioria dos casos, a melhor estimativa disponível do valor esperado de uma grandeza que varia aleatoriamente e para a qual n observações independentes foram obtidas sob as mesmas condições de medição, é a média aritmética ou média das n observações, obtida da seguinte forma:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2.3)$$

Onde \bar{x} é a média aritmética, x_i valor medido e n o número de medições.

As observações individuais x_i diferem em valor por causa de variações aleatórias nas grandezas de influência dos efeitos aleatórios.

O desvio padrão experimental caracteriza a variabilidade dos valores x_i observados, mais especificamente, sua dispersão em torno da média. Obtém-se o desvio padrão experimental da seguinte forma:

$$S(x) = \left(\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.4)$$

Onde $S(x)$ é o desvio padrão experimental da amostra, x_i valor da aquisição, \bar{x} o valor médio das aquisições e n o número de aquisições.

O desvio padrão experimental da média quantifica quão bem \bar{x} estima o valor esperado de x , calculado da seguinte forma:

$$S(\bar{x}) = \frac{S(x)}{\sqrt{n}} \quad (2.5)$$

Esta estimativa da variabilidade das medidas devido a erros aleatórios por meio do desvio padrão supõe que a frequência das medidas obedece à distribuição gaussiana, conforme Figura 2.4.

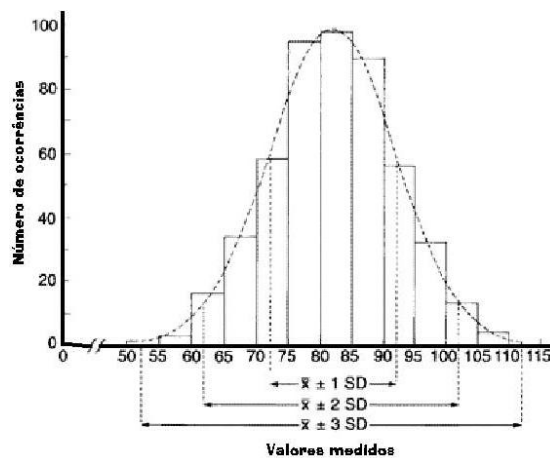


Figura 2.4 – Distribuição normal. (Fonte: web site UNICAMP)

O desvio padrão experimental da média indica a probabilidade do valor obtido estar dentro do intervalo de confiança estipulado.

A seguir, a Tabela 2.2 apresenta os níveis de confiança de acordo com o desvio padrão para um número infinito de medições.

Tabela 2.2 – Níveis de confiança conforme desvio padrão.

Incerteza	Confiança
σ	68,27%
2σ	95,45%
3σ	99,73%

2.2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

As aeronaves LET410 vêm equipadas em suas células de combustível com dez sensores capacitivos, cinco por asa, que por sua vez enviam um sinal para o instrumento de leitura de quantidade de combustível na cabine de comando. Esse sensor, de acordo com o fabricante da aeronave, deve ser substituído após 7000 horas de utilização. Porém, com um estudo mais detalhado do funcionamento desse sensor, viu-se que apesar do tempo de utilização, esse sensor não deveria se desgastar ou perder sua funcionalidade. Com o limite de vida de alguns desses sensores chegando próximo do fim, teve-se a idéia de criar uma metodologia para uma futura extensão desse limite. Através de uma bancada de testes que mede o sinal de saída dos sensores, é possível gerar curvas de tendência dos erros desses sensores, e com uma curva de tendência confiável tem-se a possibilidade de extensão desse limite de vida.

Conseguindo-se em um futuro provar uma estabilidade do erro dos sensores, a empresa pode pedir junto à ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), uma extensão do limite de vida do sensor. E com isso reduzir gastos na importação de novos sensores.

2.2.1. Problema experimental

A metodologia empregada nesse trabalho para a análise foi através da construção de uma bancada, onde simularia o ambiente nas células de combustível das aeronaves. Com essa bancada é possível então, analisar a variação do sinal de saída do sensor ao longo do tempo de utilização. A bancada constitui-se em duas partes, a primeira é a cuba de vidro onde é adicionado combustível, a segunda seria o medidor de capacitância.

A cuba foi construída de vidro com espessura de cinco milímetros, base 150x150 mm e altura de 570 mm e foi selada com um selante especial (PPG Aerospace) para combustíveis Jet A-1, ou vulgarmente chamado de querosene de aviação. Na face frontal da cuba, foi colada uma régua metálica para que fosse possível a identificação dos pontos de medição. Uma foto da cuba construída está ilustrada na figura 2.5(a).

O medidor de capacitância usado no experimento é um medidor RLC500 fabricado pela ICEL Manaus, que mede resistência, indutância e capacitância. Na figura 2.5(b) está ilustrado o medidor RLC utilizado nos testes.



Figura 2.5 – (a) Cuba de vidro para realização dos testes. (b) Medidor de capacitância utilizado na bancada de testes.

Para avaliar as características dos sensores, foi adquirido com o fabricante pontos de calibração do sensor de combustível, com isso pode-se avaliar como esses pontos variam com a utilização do sensor ao longo do tempo. Esses dados encontram-se na tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Capacitância elétrica para cada nível de combustível, fornecido pelo fabricante.

P/N: LUN1635-8					
Distância (Nível/Flange) [mm]	315	252	189	126	63
Capacitância [pF]	305,4	486,8	541,9	599,1	663,2
P/N: LUN1636.01-8					
Distância (Nível/Flange) [mm]	273	218	163	109	55
Capacitância [pF]	510,1	617,4	648,1	720,7	780,2
P/N: LUN1637-8					
Distância (Nível/Flange) [mm]	188	150	113	75	37
Capacitância [pF]	456,3	513,5	581,1	645,0	713,4
P/N: LUN1638-8					
Distância (Nível/Flange) [mm]	150	120	90	60	30
Capacitância [pF]	332,1	374,3	424,8	479,4	530,1
P/N: LUN1649-8					
Distância (Nível/Flange) [mm]	525	350	260	150	40
Capacitância [pF]	483,6	583,1	690,6	806,4	888,0

O passo seguinte seria realizar os testes nos sensores, colocando-os no interior da cuba e inserindo combustível até os pontos de calibração para que seja feita a comparação. Os testes foram realizados em ambiente controlado, temperatura $24 \pm 1^\circ\text{C}$ para garantir uma densidade homogênea do combustível em todos os testes, garantindo que a constante dielétrica do

combustível mantenha-se igual em todos os testes. A figura 2.6 ilustra dois sensores sendo ensaiados.

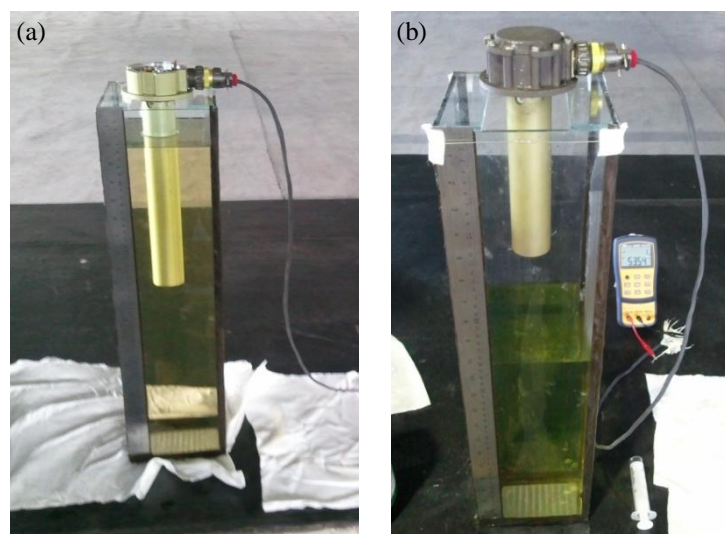


Figura 2.6 – Imagem de dois sensores sendo ensaiados. (a) LUN1635-8. (b) LUN1638-8.

Com os dados de todos os sensores, tem-se condição de compará-los em função de seu tempo de utilização para então verificar uma variação, ou não, no sinal de saída. A seguir, na tabela 2.4, está disposto todos os tempos de uso dos sensores ensaiados.

Tabela 2.4 – Tempo de uso, em horas, de cada sensor ensaiado.

LUN1635-8		LUN1636.01-8		LUN1637-8		LUN1638-8		LUN1649-8	
S/N	Tempo [h]	S/N	Tempo [h]	S/N	Tempo [h]	S/N	Tempo [h]	S/N	Tempo [h]
AB0007	665:44	AA0014	1940:28	BD0022	291:33	BD0009	704:28	AA0008	4516:10
AB0015	3124:08	AB0002	2189:00	HB0066	6005:18	BD0011	379:18	AA0009	4487:35
BB0029	515:43	AB0007	633:50	HB0076	6309:50	BD0014	952:33	AC0001	5779:11
BB0030	1284:57	AB0008	633:50	TB0007	5683:01	HC0090	6406:28	AC0002	167:09
IA0010	5934:26	AB0009	1970:58	TB0008	6188:00	HC0094	6030:13	AC0008	3124:08
IA0015	6084:27	BD0011	1051:39	TB0009	5582:46	TA0010	4516:10	AC0009	3124:08
RA0004	5582:46	BD0014	1019:45	VC0002	5582:46	TC0005	4663:16	VD0004	5683:01
RA0005	5582:46	PD0007	5582:46	VC0003	4830:20	TC0008	5683:01	VD0006	5779:11
TA0008	6089:08	PD0008	3510:18	VC0005	2175:58	TC0009	4630:13	VD0010	1707:43
TA0009	6089:08	PD0009	4516:10	VC0006	1659:28	TC0010	5495:01	VD0012	5683:01
UA0024	1462:08	PD0013	4789:24	VC0015	5116:43	TC0011	275:39	VD0015	5582:46
ZD0004	665:44	PD0020	3376:50	VC0019	1733:48	TC0013	4607:26	VD0016	5582:46

O passo seguinte é analisar a significância dos dados obtidos, convertendo e comparando-os com o volume nas células de combustível. Através da tabela 2.5, pode-se visualizar o volume

de cada célula e qual é a variação, em litros, para cada um pF medido. Com isso pode-se ter uma idéia de qual é o grau de significância da variação de capacitância medida entre os testes.

Tabela 2.5 – Volume de cada célula e variação, em litros, para um pF de sinal de saída do sensor.

Modelo do sensor utilizado em cada célula	Volume da célula	Variação do volume de combustível para 1 pF [l/pF]
LUN1635-8	140 litros	0,4
LUN1636.01-8	276 litros	1,0
LUN1637-8	149 litros	0,6
LUN1638-8	124 litros	0,6
LUN1649-8	200 litros	0,5

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Serão realizados nos sensores, testes onde se tenta reproduzir o ambiente onde o mesmo é instalado na aeronave, medindo o sinal de saída de cada sensor, conforme o nível de combustível inserido. Compara-se também o tempo de utilização de cada sensor. Espera-se com isso comprovar uma baixa diferença dos dados entre sensores com tempos de utilização distintos.

2.3.1. Ensaio

Os ensaios foram realizados em um ambiente com temperatura controlada, $24 \pm 1^\circ\text{C}$, para manter o combustível com sua densidade igual para todos os ensaios e assim garantir a repetibilidade dos mesmos. O primeiro passo para a realização do ensaio é colocar o sensor na posição correta na cuba, verificar o alinhamento do sensor, verificando também se a cuba está nivelada horizontalmente. Após essa etapa, é necessário conectar o cabo de dados ao sensor, ligando-o ao capacitômetro (medidor RLC). Por último é inserido combustível através de uma mangueira fina até o primeiro ponto de medição. Após a estabilização do combustível, é anotado o valor medido pelo instrumento. Assim foi feito para todos os pontos de medição e para todos os sensores ensaiados, totalizando 60 ensaios e 300 pontos de medida.

Os resultados obtidos foram transcritos para uma tabela e calculado a média e desvio padrão de cada ponto de medição. Na tabela 2.6 estão os dados obtidos do sensor LUN1635-8, os dados dos outros modelos podem ser vistos no apêndice A.

Tabela 2.6 – Dados dos ensaios no modelo LUN1635-8.

Distância (Nível/Flange) [mm]		315	252	189	126	63
Calibrado	Capacitância [pF]	305,4	486,8	541,9	599,1	663,2
S/N: AB0007	Capacitância [pF]	307,2	486,1	546,5	597,6	660,0
S/N: AB0015	Capacitância [pF]	301,2	478,1	535,7	596,1	652,2
S/N: BB0029	Capacitância [pF]	304,4	479,9	527,1	600,2	652,1
S/N: BB0030	Capacitância [pF]	298,1	475,3	525,9	587,6	645,3
S/N: IA0010	Capacitância [pF]	310,2	489,4	536,9	602,8	668,9
S/N: IA0015	Capacitância [pF]	294,1	473,9	540,8	601,3	656,7
S/N: RA0004	Capacitância [pF]	298,5	475,7	535,9	595,7	665,0
S/N: RA0005	Capacitância [pF]	299,7	477,1	539,9	590,1	654,9
S/N: TA0008	Capacitância [pF]	301,1	470,8	540,3	589,3	659,3
S/N: TA0009	Capacitância [pF]	303,4	473,8	543,9	591,0	657,2
S/N: UA0024	Capacitância [pF]	294,9	470,9	537,5	590,3	657,5
S/N: ZD0004	Capacitância [pF]	301,8	477,4	533,1	594,3	650,3
Média		301,2	477,4	537,0	594,7	656,6
ρ		4,7	5,6	6,1	5,1	6,4

2.3.2. Análise dos dados

Após os ensaios estarem completos, foi realizada uma análise na significância dos dados e dos desvios. Como foi mostrado na tabela 2.5, sabe-se a variação em volume no interior da célula para a variação de um pF. No caso do LUN1635-8 a variação é de 0,4 litros/pF. Se a média dos desvios é 5,7 pF, isso resulta em 2,23 litros de desvio. Sabendo que o volume da célula desse modelo é de 140 litros, temos uma variação de 2% no volume total da célula, o que é pouco significativo.

Analisando o instrumento indicador de combustível da cabine de comando, foi observada uma grande incerteza de indicação do instrumento. Pois não se tem uma visualização exata da quantidade de volume de combustível nos tanques, por se tratar de um instrumento analógico semelhante a indicadores automotivos. O intervalo de indicação desse instrumento é de zero a 890 litros, e aproximadamente em intervalos de 70 litros não se tem certeza de quanto combustível variou. Essa incerteza de indicação por tanto, foi estipulada em 8% do total de combustível. Com isso foi adotado um erro máximo admissível para cada modelo de sensor, levando em conta o tamanho da célula de combustível do mesmo, 4% para mais ou para menos. No caso do LUN1635-8, um erro máximo de $\pm 5,5$ litros, ou ainda $\pm 14,1$ pF do padrão calibrado pelo fabricante. Uma tabela com esses dados se encontra no apêndice B.

Analisando o manual do instrumento usado para a realização das medições de capacitância viu-se que o mesmo possui um erro de exatidão de $\pm 1\%$. Com isso podemos garantir que o valor verdadeiro está entre um valor superior e um inferior. A partir dos dados da tabela 2.6, foram gerados todos os valores superiores e inferiores das medições realizadas nos sensores, os dados do modelo LUN1635-8 estão ilustrados na tabela 2.7. Os modelos restantes encontram-se no

apêndice C. Com esses dados pôde-se gerar um gráfico com a média de capacitância (superior e inferior) pelo nível de combustível no sensor, o gráfico do modelo LUN1635-8 está ilustrado na figura 2.7 a seguir, os gráficos dos modelos restantes estão no apêndice D.

Tabela 2.7 - Dados das medições realizadas com a incerteza do capacímetro.

P/N: LUN1635-8						
Distância (Nível/Flange) [mm]		315	252	189	126	63
Calibrado	Capacitância [pF]	305,4	486,8	541,9	599,1	663,2
S/N: AB0007	1% +	310,3	491,0	552,0	603,6	666,6
	Capacitância [pF]	307,2	486,1	546,5	597,6	660,0
	1% -	304,1	481,2	541,0	591,6	653,4
S/N: AB0015	1% +	304,2	482,9	541,1	602,1	658,7
	Capacitância [pF]	301,2	478,1	535,7	596,1	652,2
	1% -	298,2	473,3	530,3	590,1	645,7
S/N: BB0029	1% +	307,4	490,7	532,4	606,2	658,6
	Capacitância [pF]	304,4	485,8	527,1	600,2	652,1
	1% -	301,4	480,9	521,8	594,2	645,6
S/N: BB0030	1% +	301,1	480,1	531,2	593,5	651,8
	Capacitância [pF]	298,1	475,3	525,9	587,6	645,3
	1% -	295,1	470,5	520,6	581,7	638,8
S/N: IA0010	1% +	313,3	494,3	542,3	608,8	675,6
	Capacitância [pF]	310,2	489,4	536,9	602,8	668,9
	1% -	307,1	484,5	531,5	596,8	662,2
S/N: IA0015	1% +	297,0	478,6	546,2	607,3	663,3
	Capacitância [pF]	294,1	473,9	540,8	601,3	656,7
	1% -	291,2	469,2	535,4	595,3	650,1
S/N: RA0004	1% +	301,5	480,5	541,3	601,7	671,7
	Capacitância [pF]	298,5	475,7	535,9	595,7	665,0
	1% -	295,5	470,9	530,5	589,7	658,4
S/N: RA0005	1% +	302,7	481,9	545,3	596,0	661,4
	Capacitância [pF]	299,7	477,1	539,9	590,1	654,9
	1% -	296,7	472,3	534,5	584,2	648,4
S/N: TA0008	1% +	304,1	475,5	545,7	595,2	665,9
	Capacitância [pF]	301,1	470,8	540,3	589,3	659,3
	1% -	298,1	466,1	534,9	583,4	652,7
S/N: TA0009	1% +	306,4	478,5	549,3	596,9	663,8
	Capacitância [pF]	303,4	473,8	543,9	591,0	657,2
	1% -	300,4	469,1	538,5	585,1	650,6
S/N: UA0024	1% +	297,8	475,6	542,9	596,2	664,1
	Capacitância [pF]	294,9	470,9	537,5	590,3	657,5
	1% -	292,0	466,2	532,1	584,4	650,9
S/N: ZD0004	1% +	304,8	482,2	538,4	600,2	656,8
	Capacitância [pF]	301,8	477,4	533,1	594,3	650,3
	1% -	298,8	472,6	527,8	588,4	643,8
Calibrado + 4%		319,5	500,9	556,0	613,2	677,3
Calibrado - 4%		291,3	472,7	527,8	585,0	649,1
Média superior		304,2	482,6	542,3	600,6	663,2
Média		301,2	477,9	537,0	594,7	656,6
Média Inferior		298,2	473,1	531,6	588,7	650,1
ρ		5,1	6,9	7,0	6,9	8,0

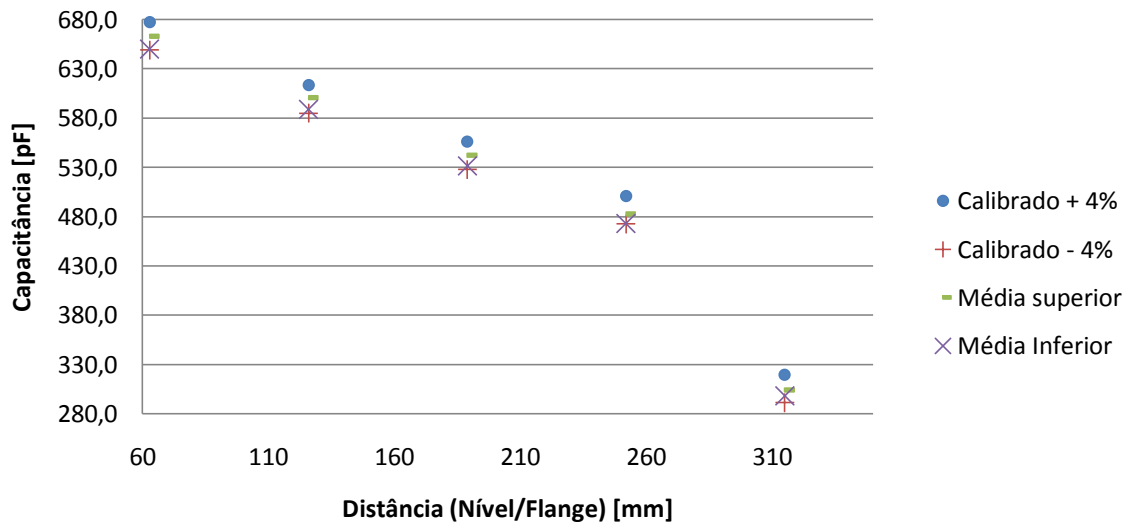


Figura 2.7 – Gráfico da capacitância versus nível de combustível. (modelo LUN1635-8)

No gráfico da figura 2.7, pode-se ver claramente que a média (superior e inferior) da capacitância esta dentro dos limites, para todos os níveis de medição.

Para conseguir realizar uma comparação nos sensores para verificar a possibilidade do mesmo estar aumentando o seu erro com o tempo, foi necessária a análise das diferenças entre os pontos medidos e os de calibração. Na tabela 2.8 (modelo LUN1635-8) segue uma tabela com as diferenças encontradas, calculadas a partir dos dados da tabela 2.6. As tabelas dos outros modelos encontram-se no apêndice E.

Tabela 2.8 – Tabela com a diferença encontrada entre o calibrado e o medido.
(modelo LUN1635-8)

		Distância (Nível/Flange) [mm]					Média
		315	252	189	126	63	
Diferença (Medido/Calibrado)	AB0007	1,8	0,7	4,6	1,5	3,2	2,4
	AB0015	4,2	8,7	6,2	3,0	11,0	6,6
	BB0029	1,0	6,9	14,8	1,1	11,1	7,0
	BB0030	7,3	11,5	16,0	11,5	17,9	12,8
	IA0010	4,8	2,6	5,0	3,7	5,7	4,4
	IA0015	11,3	12,9	1,1	2,2	6,5	6,8
	RA0004	6,9	11,1	6,0	3,4	1,8	5,8
	RA0005	5,7	9,7	2,0	9,0	8,3	6,9
	TA0008	4,3	16,0	1,6	9,8	3,9	7,1
	TA0009	2,0	13,0	2,0	8,1	6,0	6,2
	UA0024	10,5	15,9	4,4	8,8	5,7	9,1
ZD0004	3,6	9,4	8,8	4,8	12,9	7,9	

A partir de então os sensores foram classificados em dois tipos, até 3,5 mil horas de uso foram classificados como início de vida, os demais são classificados como fim de vida. Tendo essa classificação pôde-se realizar a média desses erros, onde podem ser visualizados na tabela

2.9 a seguir. Na figura 2.8 está ilustrado um gráfico com a tendência ao longo do tempo de utilização.

Tabela 2.9 – Média dos erros em relação ao calibrado. (modelo LUN1635-8)

	Diferença (medido x calibrado) [pF]	Diferença máxima [pF]
Início de vida	7,6	14,1
Final de Vida	6,2	14,1

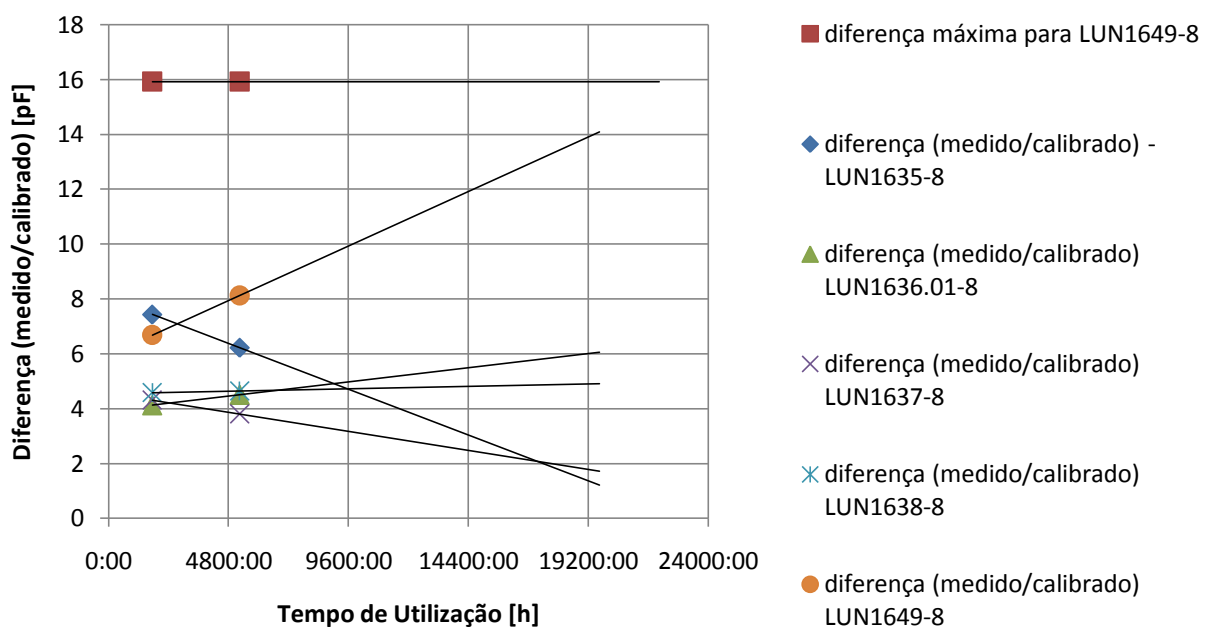


Figura 2.8 – Gráfico da tendência dos sensores ensaiados.

Analisando-se o gráfico da figura 2.8, observa-se uma tendência a minimizar a diferença entre a capacitância medida e o valor de calibração nos modelos LUN1635-8 e LUN1637-8, porém no modelo LUN1649-8 o efeito foi contrário, mas ainda assim não ultrapassa o valor máximo de divergência antes de 20 mil horas. Os restantes tendem ficar estáveis.

Não havendo literatura a respeito sobre o tema, não se teve dados de como uma curva como essa se comporta ao longo do tempo. Não tendo, também, a disponibilidade de mais pontos da curva, as linhas de tendência utilizadas foram dadas como lineares para uma primeira análise. Tendo em mente a continuação desse trabalho, podem-se gerar mais pontos e assim analisar o comportamento dessas curvas com mais certeza.

3. CONCLUSÃO

O objetivo desse trabalho é iniciar um estudo para conseguir comprovar de forma plausível que os sensores de medição de quantidade de combustível das aeronaves LET410 poderiam estar expostas a um tempo maior de utilização, para num futuro, conseguir a extensão de vida útil dos sensores perante a ANAC. Para iniciar esse estudo foram necessários ensaios em diversos sensores disponíveis na empresa, medindo seu sinal de saída e comparando-os em função do tempo de utilização.

Analisando os tempos de utilização pode-se notar que alguns sensores não têm pares com mesmo número de horas. Isso se deve ao fato de que alguns deles já tenham sido substituídos devido a defeitos em seu circuito impresso, porém não foi detectado nenhum tipo de desgaste ou corrosão na parte física dos tubos coaxiais (figura 2.2 (a)). Esse tipo de defeito é muito comum em circuitos elétrico-eletrônicos, onde pode ter origem na demasiada vibração dos sensores, gerado a partir dos motores da aeronave. Uma análise futura seria então, uma análise vibracional nos sensores de combustível para verificar a possibilidade de a vibração excessiva ser uma causa de falhas elétricas nos sensores.

Analisando os gráficos gerados pode-se ver que os sensores estão dentro do limite de erro estipulado, porém não se pode visualizar ainda a tendência real dos erros dos sensores, por se tratar de apenas dois pontos e não se ter conhecimento de sua forma. Não foi possível a análise através de mais de dois pontos devido ao baixo número de sensores disponíveis nas faixas de tempo de utilização que eram necessárias, tendo apenas disponibilidade de dois grupos, um abaixo de 3,5 mil horas e o outro acima.

A partir desse trabalho, irá ser implementado uma rotina de manutenção onde, a cada parada de aeronave para uma inspeção de grande porte irão ser ensaiados seus sensores de combustíveis, aumentando o banco de dados e conseqüentemente melhorando a confiabilidade das linhas de tendência dos sensores, podendo no futuro entrar com um pedido de extensão da vida útil do sensor.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J.; “**Fundamentals of Physics**”, Willey, 9ª Ed., 2010.

Silveira, F.L., Dionísio, P.H., Buchweitz, B., “**Inferência sobre a média de uma grandeza a partir de um conjunto de dados: um aspecto relacionado com a sensibilidade das medidas**”, Ciência e Cultura, v. 35, n. 10, p. 1492-1496, 1983.

NHT Linhas Aéreas Ltda, “**Manual Geral de Manutenção**”, Rev. 6.

NHT Linhas Aéreas Ltda, “**Manual Geral de Operações**”, Rev. 4.

LET Aircraft Industries, “**Maintenance Manual LET410 UVP-E20**”, Rev. 12.

ICEL Manaus, “**Manual de Instruções do Medidor RLC Digital Modelo RLC-510**”, Rev. 01.

[UNICAMP, “**Distribuição Normal**”, Disponível em:
<http://www.fem.unicamp.br/~instmed/Figuras2/fig2_8.JPG>, acessado em: 13/11/2010].

APÊNDICE A

Tabela A.1 – Dados dos ensaios referente ao sensor LUN1649-8.

Distância (Nível/Flange) [mm]		525	350	260	150	40
Calibrado	Capacitância [pF]	483,6	583,1	690,6	806,4	888,0
S/N: AA0008	Capacitância [pF]	478,7	573,8	685,7	793,9	876,9
S/N: AA0009	Capacitância [pF]	469,7	570,5	676,8	791,0	878,9
S/N: AC0001	Capacitância [pF]	498,9	599,4	707,6	820,7	901,8
S/N: AC0002	Capacitância [pF]	465,8	572,1	692,6	812,5	892,4
S/N: AC0008	Capacitância [pF]	471,9	573,3	694,5	811,4	891,9
S/N: AC0009	Capacitância [pF]	480,2	578,0	696,1	812,4	894,7
S/N: VD0004	Capacitância [pF]	481,8	580,1	699,3	801,3	901,6
S/N: VD0006	Capacitância [pF]	477,4	581,3	701,4	798,9	893,7
S/N: VD0010	Capacitância [pF]	482,5	576,7	695,3	816,1	897,4
S/N: VD0012	Capacitância [pF]	470,1	568,9	708,1	802,2	891,3
S/N: VD0015	Capacitância [pF]	479,9	582,0	692,4	804,9	890,0
S/N: VD0016	Capacitância [pF]	481,3	583,7	700,4	807,1	887,5
Média		478,2	578,3	695,9	806,0	891,5
ρ		8,6	8,2	8,7	9,0	7,7

Tabela A.2 – Dados dos ensaios referente ao sensor LUN1636.01-8.

Distância (Nível/Flange) [mm]		273	218	163	109	55
Calibrado	Capacitância [pF]	510,1	617,4	648,1	720,7	780,2
S/N: AA0014	Capacitância [pF]	501,3	611,9	649,9	713,8	773,1
S/N: AB0002	Capacitância [pF]	503,4	615,2	653,6	719,2	771,1
S/N: AB0007	Capacitância [pF]	506,2	610,3	657,0	719,5	778,3
S/N: AB0008	Capacitância [pF]	502,1	616,9	652,3	721,9	783,1
S/N: AB0009	Capacitância [pF]	506,0	613,5	647,2	712,0	776,5
S/N: BD0011	Capacitância [pF]	509,5	615,6	650,1	716,9	775,2
S/N: BD0014	Capacitância [pF]	507,1	616,7	653,3	717,0	777,9
S/N: PD0007	Capacitância [pF]	500,6	610,1	648,8	720,1	781,1
S/N: PD0008	Capacitância [pF]	511,3	617,9	656,0	727,0	783,0
S/N: PD0009	Capacitância [pF]	508,0	616,0	654,9	722,8	779,1
S/N: PD0013	Capacitância [pF]	502,6	612,2	657,4	719,1	770,7
S/N: PD0020	Capacitância [pF]	499,7	610,7	656,1	718,7	774,4
Média		504,8	613,9	653,1	719,0	777,0
ρ		3,7	2,8	3,4	4,0	4,2

Tabela A.3 – Dados dos ensaios referente ao sensor LUN1637-8.

Distância (Nível/Flange) [mm]		188	150	113	75	37
Calibrado	Capacitância [pF]	456,3	513,5	581,1	645,0	713,4
S/N: BD0022	Capacitância [pF]	461,2	518,2	584,5	651,1	715,4
S/N: HB0066	Capacitância [pF]	462,2	516,1	587,3	648,6	715,1
S/N: HB0076	Capacitância [pF]	460,9	523,4	589,1	648,2	710,0
S/N: TB0007	Capacitância [pF]	457,2	519,7	591,0	649,9	711,1
S/N: TB0008	Capacitância [pF]	459,7	515,0	584,1	646,3	717,3
S/N: TB0009	Capacitância [pF]	467,1	514,7	588,3	644,1	720,0
S/N: VC0002	Capacitância [pF]	460,3	521,0	587,6	649,8	717,8
S/N: VC0003	Capacitância [pF]	463,4	516,4	593,2	653,1	713,6
S/N: VC0005	Capacitância [pF]	457,0	513,7	585,0	654,8	712,1
S/N: VC0006	Capacitância [pF]	464,3	521,4	590,5	653,7	719,4
S/N: VC0015	Capacitância [pF]	456,9	521,9	581,0	646,3	717,4
S/N: VC0019	Capacitância [pF]	463,7	522,5	582,7	647,0	710,3
Média		461,2	518,7	587,0	649,4	715,0
ρ		3,2	3,4	3,6	3,3	3,5

Tabela A.4 – Dados dos ensaios referente ao sensor LUN1638-8.

Distância (Nível/Flange) [mm]		150	120	90	60	30
Calibrado	Capacitância [pF]	332,1	374,3	424,8	479,4	530,1
S/N: BD0009	Capacitância [pF]	325,3	362,6	417,3	474,6	526,1
S/N: BD0011	Capacitância [pF]	326,8	366,1	426,9	477,0	528,7
S/N: BD0014	Capacitância [pF]	329,1	379,1	421,9	482,3	529,8
S/N: HC0090	Capacitância [pF]	326,1	367,2	415,4	471,6	526,0
S/N: HC0094	Capacitância [pF]	328,2	377,7	416,6	469,8	539,1
S/N: TA0010	Capacitância [pF]	331,2	361,2	420,7	473,3	532,2
S/N: TC0005	Capacitância [pF]	326,3	366,9	426,3	475,8	528,5
S/N: TC0008	Capacitância [pF]	328,2	374,0	422,5	475,0	540,0
S/N: TC0009	Capacitância [pF]	328,9	375,9	427,8	478,9	522,4
S/N: TC0010	Capacitância [pF]	328,7	378,9	429,1	480,4	518,7
S/N: TC0011	Capacitância [pF]	323,0	364,4	424,0	477,1	531,5
S/N: TC0013	Capacitância [pF]	330,9	378,8	427,5	478,8	529,5
Média		327,7	371,1	423,0	476,2	529,4
ρ		2,3	7,0	4,7	3,6	6,1

APÊNDICE B

Tabela B.1 - Erro máximo para cada modelo.

Modelo Sensor	Volume da célula [l]	Erro máximo [l]	Erro máximo [pF]	Erro máximo [%]
LUN1635-8	140	11,0	28,2	8%
LUN1636.01-8	276	21,7	21,3	8%
LUN1637-8	149	11,7	20,2	8%
LUN1638-8	124	9,8	15,6	8%
LUN1649-8	200	15,7	31,8	8%

APÊNDICE D

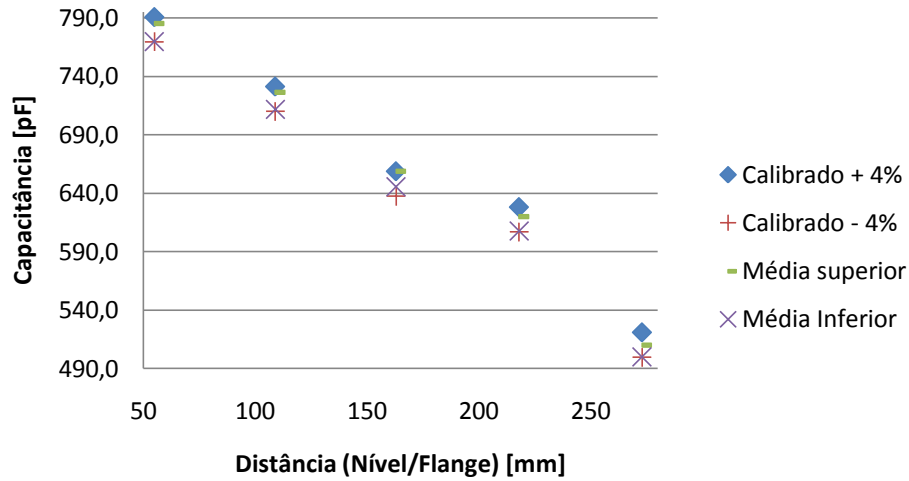


Figura D.1 - Gráfico da capacitância versus nível de combustível sensor LUN1636.01-8.

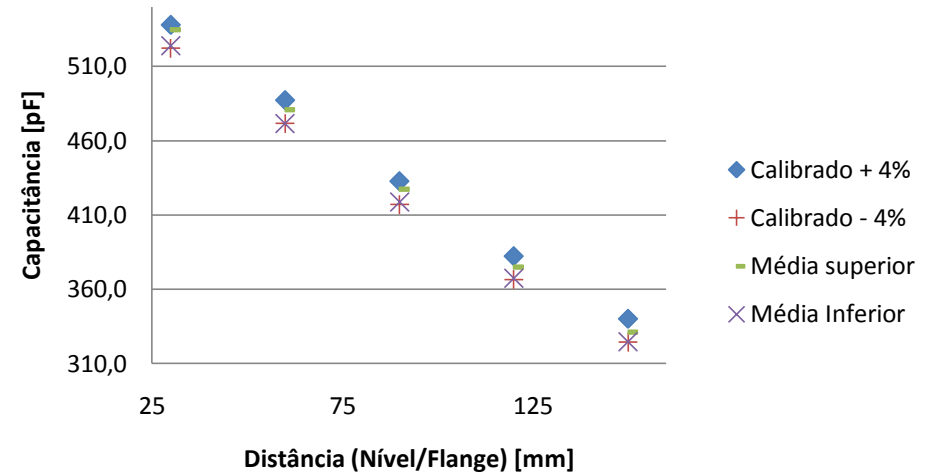


Figura D.3 - Gráfico da capacitância versus nível de combustível sensor LUN1638-8.

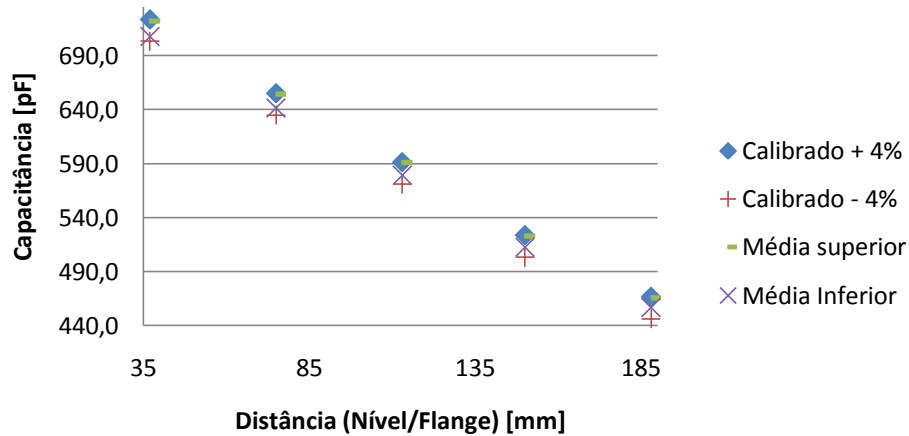


Figura D.2 - Gráfico da capacitância versus nível de combustível sensor LUN1637-8.

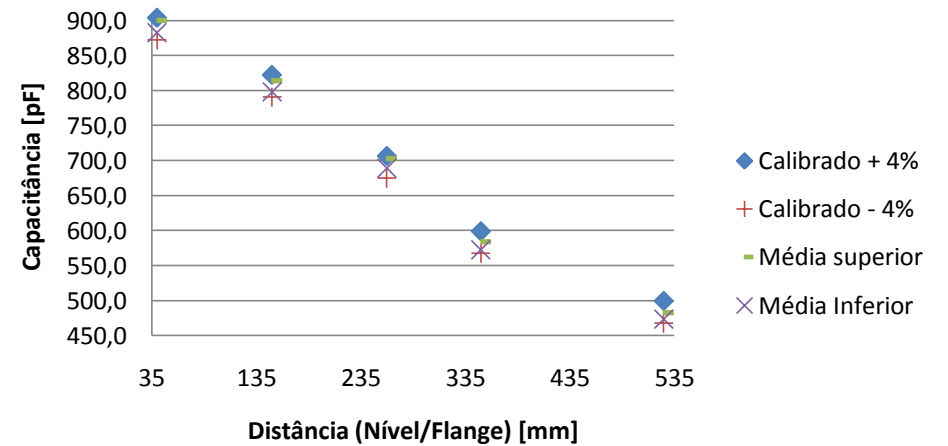


Figura D.4 - Gráfico da capacitância versus nível de combustível sensor LUN1649-8.

APÊNDICE E

Tabela E.1 - Tabela com a diferença entre o sensor calibrado e o medido. Referente ao sensor LUN1636.01-8.

		Distância (Nível/Flange) [mm]					Média
		273	218	163	109	55	
Diferença (medido/calibrado) [pF]	AA0014	8,8	5,5	1,0	6,9	7,1	5,9
	AB0002	6,7	2,2	5,5	1,5	9,1	5,0
	AB0007	3,9	7,1	2,3	1,2	1,9	3,3
	AB0008	8,0	0,5	1,2	1,2	2,9	2,8
	AB0009	4,1	3,9	0,9	8,7	3,7	4,3
	BD0011	0,6	1,8	2,0	3,8	5,0	2,6
	BD0014	3,0	0,7	5,2	3,7	0,4	2,6
	PD0007	9,5	7,3	0,7	0,6	0,9	3,8
	PD0008	1,2	0,5	7,9	6,3	2,8	3,7
	PD0009	2,1	1,4	6,8	2,1	3,0	3,1
	PD0013	7,5	5,2	9,3	1,6	9,5	6,6
	PD0020	10,4	6,7	8,0	2,0	5,8	6,6

Tabela E.2 - Tabela com a diferença entre o sensor calibrado e o medido. Referente ao sensor LUN1637-8.

		Distância (Nível/Flange) [mm]					Média
		188	150	113	75	37	
Diferença (medido/calibrado) [pF]	BD0022	4,9	4,7	3,4	6,1	2,0	4,2
	HB0066	5,9	2,6	6,2	3,6	1,7	4,0
	HB0076	4,6	1,1	4,2	3,2	3,4	3,3
	TB0007	0,9	6,2	0,1	1,1	2,3	2,1
	TB0008	3,4	1,5	3,0	1,3	3,9	2,6
	TB0009	10,8	1,2	0,6	0,9	6,6	4,0
	VC0002	4,0	7,5	6,5	4,8	4,4	5,4
	VC0003	7,1	2,9	12,1	8,1	0,2	6,1
	VC0005	0,7	0,2	3,9	2,8	1,3	1,8
	VC0006	8,0	7,9	9,4	1,9	6,0	6,6
	VC0015	0,6	8,4	0,1	1,3	4,0	2,9
	VC0019	7,4	9,0	1,6	2,0	3,1	4,6

Tabela E.3 - Tabela com a diferença entre o sensor calibrado e o medido. Referente ao sensor LUN1638-8.

		Distância (Nível/Flange) [mm]					Média
		150	120	90	60	30	
Diferença (medido/calibrado) [pF]	BD0009	6,8	11,7	7,5	4,8	4,0	7,0
	BD0011	5,3	8,2	2,1	2,4	1,4	3,9
	BD0014	3,0	4,8	2,9	2,9	0,3	2,8
	HC0090	6,0	7,1	9,4	7,8	4,1	6,9
	HC0094	3,9	3,4	8,2	9,6	9,0	6,8
	TA0010	0,9	13,1	4,1	6,1	2,1	5,3
	TC0005	5,8	7,4	1,5	3,6	1,6	4,0
	TC0008	3,9	0,3	2,3	4,4	9,9	4,2
	TC0009	3,2	1,6	3,0	0,5	7,7	3,2
	TC0010	3,4	4,6	4,3	1,0	11,4	4,9
	TC0011	9,1	9,9	0,8	2,3	1,4	4,7
	TC0013	1,2	4,5	2,7	0,6	0,6	1,9

Tabela E.4 - Tabela com a diferença entre o sensor calibrado e o medido. Referente ao sensor LUN1649-8.

		Distância (Nível/Flange) [mm]					Média
		525	350	260	150	40	
Diferença (medido/calibrado) [pF]	AA0008	4,9	9,3	4,9	12,5	11,1	8,5
	AA0009	13,9	12,6	13,8	15,4	9,1	13,0
	AC0001	15,3	16,3	17,0	14,3	13,8	15,3
	AC0002	17,8	11,0	2,0	6,1	4,4	8,3
	AC0008	11,7	9,8	3,9	5,0	3,9	6,9
	AC0009	3,4	5,1	5,5	6,0	6,7	5,3
	VD0004	1,8	3,0	8,7	5,1	13,6	6,4
	VD0006	6,2	1,8	10,8	7,5	5,7	6,4
	VD0010	1,1	6,4	4,7	9,7	9,4	6,3
	VD0012	13,5	14,2	17,5	4,2	3,3	10,5
	VD0015	3,7	1,1	1,8	1,5	2,0	2,0
	VD0016	2,3	0,6	9,8	0,7	0,5	2,8