

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**LUIS HENRIQUE DE JESUS CEDRO**

**INSTALAÇÃO DO SENSOR TAQUIMÉTRICO DA**  
**AERONAVE AS 350 L1**

**Taubaté - SP**  
**2018**

**LUÍS HENRIQUE DE JESUS CEDRO**

**INSTALAÇÃO DO SENSOR TAQUIMÉRICO DA  
AERONAVE AS 350 L1**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia Aeronáutica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador(a): Prof. Pedro Augusto da Silva  
Alves

**Taubaté – SP  
2018**

**LUIS HENRIQUE DE JESUS CEDRO**

**INSTALAÇÃO DO SENSOR TAQUIMÉTRICO DA AERONAVE AS 350 L1**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "GRADUADO EM  
**ENGENHARIA AERONÁUTICA**"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Prof. LUIS RICARDO PRIETO HERCUS  
Coordenador de Trabalho de Graduação

**BANCA EXAMINADORA:**



Prof. Pedro Augusto da Silva Alves  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Msc Pedro Marcelo Alves Ferreira Pinto.  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

16 de Abril de 2018.

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado  
de Bibliotecas / Unitau - Biblioteca das Engenharias**

C389i Cedro, Luis Henrique de Jesus  
Instalação do sensor taquimétrico de aeronave AS 350  
L1. / Luis Henrique de Jesus Cedro. - 2018.  
38f. : il; 30 cm.  
Monografia (Graduação em Engenharia Aeronáutica) –  
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia  
Mecânica e Elétrica, 2018  
Orientador: Prof. Pedro Augusto da Silva Alves,  
Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.  
1. Helicóptero. 2. Sensor taquimétrico. 3. Rotor principal.  
I. Título.

## ***DEDICATÓRIA***

Dedico este trabalho aos meus pais Elcio Dias Cedro e Adelice Aparecida de Jesus Cedro, a minha noiva Juliana Ferreira de Sousa, aos meus irmãos Juliana de Jesus Cedro e Ricardo de Jesus Cedro e aos meus cunhados Luciana e André.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela minha vida, minha saúde, minha inteligência. E por toda graça que ele me proporcionou nesse árduo período.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que ofereceu um excelente ambiente educacional com profissionais qualificados.

Ao meu orientador, *Prof. Pedro Augusto da Silva Alves* por todo o incentivo, paciência e motivação na orientação deste trabalho.

Aos meus pais *Elcio e Adelize*, cujos estiveram sempre ao meu lado dando-me suporte para quaisquer situações que tenham vindo me atrapalhar na vida, mesmo que para isso tenham abjurado de seu conforto financeiro, excesso de horas trabalhadas, momentos de descanso e lazer tudo em prol da minha educação, tendo sido para mim mais que pais e sim heróis e ídolos.

Ao Prof *Msc Pedro Marcelo Alves Ferreira Pinto* que aceitou em compor a banca examinadora.

A minha noiva Juliana, por toda paciência nesse período árduo e sofrido o qual passei, tendo me apoiado nas dificuldades, consolado nas tristezas, aconselhado nos momentos de dúvidas e ter estado ao meu lado nas alegrias.

Por fim, aos meus irmãos Ricardo e Juliana por todo apoio ao longo dos anos.

## ***EPÍGRAFE***

“Lembrar que você vai morrer é a melhor maneira que conheço para pensar que você não tem nada a perder. Você já está nu. Não há razão para não seguir seu coração.”  
(STEVE JOBS)

## RESUMO

O Sensor Taquimétrico é um sensor magnético o qual realiza a coleta do número de rotações da Roda Fônica do Mastro do Rotor Principal, tal componente é composto por duas bobinas, as quais são ligadas em paralelo sendo que cada uma fornece sinais para indicação nos instrumentos tanto do piloto quanto para o copiloto. A medição é obtida por um pico de corrente gerada pela magnetização do sensor através da passagem dos dentes da roda fônica gerando um sinal de frequência que é transmitido para o indicador no painel de instrumentos da aeronave. A instalação desse componente é realizada pelo Cartão de Trabalho 62.30.00.402 do MMA (MANUAL MAINTENENCE AIRCRAFT). A instalação é realizada através de um cálculo dos calços laminados de fixação do suporte do sensor taquimétrico devendo o sensor ficar na correta distância prevista pelo cartão citado acima. Diante disso, esse trabalho de graduação apresentará os procedimentos, peculiaridades, a importância e a forma correta de instalação do Sensor Taquimétrico.

**Palavras-chave:** Helicóptero. Sensor Taquimétrico. Rotor Principal.

## **ABSTRACT**

The Tachymetric Sensor is a magnetic sensor which collects the number of rotations of the Main Rotor Mast, which consists of two coils, which are connected in parallel, each of which provides signals for indication on both the instruments the pilot and the co-pilot. The measurement is obtained by a current peak generated by the magnetization of the sensor through the passage of the teeth of the phonic wheel generating a frequency signal which is transmitted to the indicator in the instrument panel of the aircraft. The installation of this component is performed by the MMA Work Card 62.30.00.402 (MAINTENANCE AIRCRAFT MANUAL). The installation is carried out by a calculation of the laminated clamping blocks of the support of the tachymetric sensor and the sensor must be in the correct distance provided by the card mentioned above. Given this, this graduation work will present the procedures, peculiarities, importance and the correct way of installation of the Tachymeter Sensor.

**KEYWORDS:** Helicopter. Thachymetric Sensor. Main Rotor

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Conjunto do Rotor Principal Instalado na Aeronave AS 350 L1 .....	13
Figura 2 – Mastro do Rotor Principal.....	14
Figura 3 – Roda Fônica passando pelo sensor Taquimétrico.....	15
Figura 4 – Comportamento das ondas no Gráfico.....	18
Figura 5 – Sensor Taquimétrico.....	20
Figura 6 – Sensor Taquimétrico atingindo o fluxo máximo de magnetismo... ..	21
Figura 7 – Sensor Taquimétrico atingindo o fluxo mínimo de magnetismo.....	21
Figura 8 – Diagrama de funcionamento do controle de NR.....	22
Figura 9 – Luz BUZINA no painel de alarme.....	23
Figura 10 – Indicador Taquimétrico.....	23
Figura 11 – O'ring de vedação.....	25
Figura 12 – Parafuso de fixação do sensor.....	25
Figura 13 – Porca de fixação do sensor.....	26
Figura 14 – Sensor Taquimétrico instalado no Mastro do Rotor Principal.....	26
Figura 15 – Graxa G382.....	27
Figura 16 – Dente da Roda Fônica.....	28
Figura 17 – Medição da Roda Fônica.....	28
Figura 18 – Paquímetro de Profundidade.....	29
Figura 19 – Calços Laminados.....	29
Figura 20 – Cotas para a instalação do sensor Taquimétrico.....	30
Figura 21 – Graxa colocada na ponta do sensor Taquimétrico.....	31
Figura 22 – Padrão de remoção da graxa.....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores obtidos para as cotas de Instalação do sensor Taquimétrico da aeronave EB 1007.....	32
Tabela 2 – Valores obtidos para as cotas de Instalação do sensor Taquimétrico da aeronave EB 1007.....	33
Tabela 3 – Valores obtidos para as cotas de Instalação do sensor Taquimétrico da aeronave EB 1007.....	34
Tabela 4 – Valores obtidos para as cotas de Instalação do sensor Taquimétrico da aeronave EB 1007.....	35

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	12
2.1 Helicóptero .....	12
2.2 Rotor.....	12
2.2.1 Mastro do Rotor Principal .....	13
2.2.2 Roda Fônica.....	15
2.2.3 Numero de rotações ( <i>NR</i> ).....	15
2.3 Magnetismo .....	16
2.3.1 Campo Magnético.....	16
2.3.2 Força Magnética .....	16
2.3.3 Fluxo Magnético.....	17
2.4 Ondas.....	17
2.4.1 Formas de ondas.....	18
2.4.2 Ondas quadradas .....	18
2.5 Relé.....	19
2.6 Sensor.....	19
2.7 Sensor Taquimétrico.....	20
2.8 Indicador de Taquimétrico.....	23
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 Metodologia da pesquisa .....	24
3.2 Materiais e métodos .....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	32
4.1 Resultados.....	32
4.2 Discussões .....	35
5 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS.....	38

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento inicial das aeronaves de asas-rotativas enfrentou três grandes problemas que tiveram que ser superados para se encontrar um veículo de sucesso. O primeiro problema foi encontrar um motor leve e confiável. O motor de combustão interna recíproativo foi o primeiro a cumprir todos os requisitos, e mais tarde a adaptação de um motor turbo-eixo para helicópteros foi um avanço significativo. O segundo problema foi desenvolver uma estrutura forte e leve para o Rotor, Mastro, e Pás enquanto mantinham uma boa eficiência aerodinâmica. O último problema foi entender o desenvolvimento dos principais controles do Helicóptero incluindo balanceamento e torque. Após anos e anos de evolução de materiais e o aparecimento de novas tecnologias foram desenvolvidas as aeronaves nos modelos atuais. (JOHNSON, 1994)

A aeronave AS 350 L1 foi desenvolvida para o emprego de missões de reconhecimento, ataque, evacuações aeromédicas, transporte de carga externa, infiltrações e exfiltrações de pessoal (através de rapel, Mac Guari e Hello Casting) além de içamento de cargas, por sua versatilidade, potência e simplicidade atende todas as necessidades da aviação militar. (CAVEX, 2017).

Além disso, para se manter em operacionalidade o AS 350 L1 segue a risca um programa de manutenção, através de vários manuais, tal programa deve ser obrigatoriamente executado, atentando aos mínimos detalhes de vários componentes de conjuntos e subconjuntos, sendo que dentre todos os cartões de trabalho descritos no Manual de Manutenção da Aeronave, MMA- MANUAL MAINTENENCE AIRCRAFT, existe um que diz respeito a Instalação do Sensor Taquimétrico, o qual é utilizado para medir o número de rotações do Rotor Principal.

Reconhecendo a importância deste sensor deve se ter cuidado e atenção para a correta instalação do mesmo, para que não aconteça nenhum tipo de acidente.

Tendo em vista os fatos acima o presente trabalho tem como objetivo demonstrar o funcionamento do Sensor Taquimétrico, os procedimentos, os materiais utilizados durante os procedimentos e a importância de sua instalação.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Helicóptero**

O helicóptero é uma aeronave que utiliza asas rotativas para providenciar sustentação, propulsão e controle. As pás do rotor giram em torno de um eixo vertical, descrevendo um disco paralelo ao plano horizontal. Forças aerodinâmicas são geradas pela movimentação da superfície da pá contra o vento relativo. Os helicópteros com suas asas rotativas podem gerar estas forças mesmo quando sua velocidade for igual à zero, em contrastes as aeronaves de asa-fixa, as quais requerem uma velocidade translacional para obter sustentação para o voo. O Helicóptero, portanto tem a capacidade de realizar voos verticais, incluindo pousos e decolagens. A eficiência de realização de voos verticais é a característica fundamental de um helicóptero. (JOHNSON, 1994).

### **2.2 Rotor**

O rotor, Figura 1, deve proporcionar eficientemente a força de tração necessária para suportar o peso do helicóptero. Um voo vertical eficiente significa um baixo poder de carregamento (razão entre potencia requerida pelo rotor pela tração do rotor), pois a instalação de potencia e consumo de combustível da aeronave é proporcional a potencia requerida, para asas rotativas, baixo carregamento do disco (razão entre da tração do rotor para área do disco) é a chave para o baixo poder de carregamento. Um rotor convencional de um helicóptero consiste de duas ou mais pás, fabricadas igualmente, em distâncias idênticas e serão fixadas ao mastro central (JOHNSON, 1994).

**Figura 1** - Conjunto do Rotor Principal Instalado na Aeronave AS 350 L1



Fonte: Autoral

### 2.2.1 Mastro do Rotor Principal

Conforme a figura 2, o mastro do rotor compreende:

A árvore do rotor (8) acionado pela caixa de transmissão principal;

Um platô giratório (3) e um platô fixo (4). O platô fixo é acionado pelos comandos piloto (5) em três pontos separados a 90°;

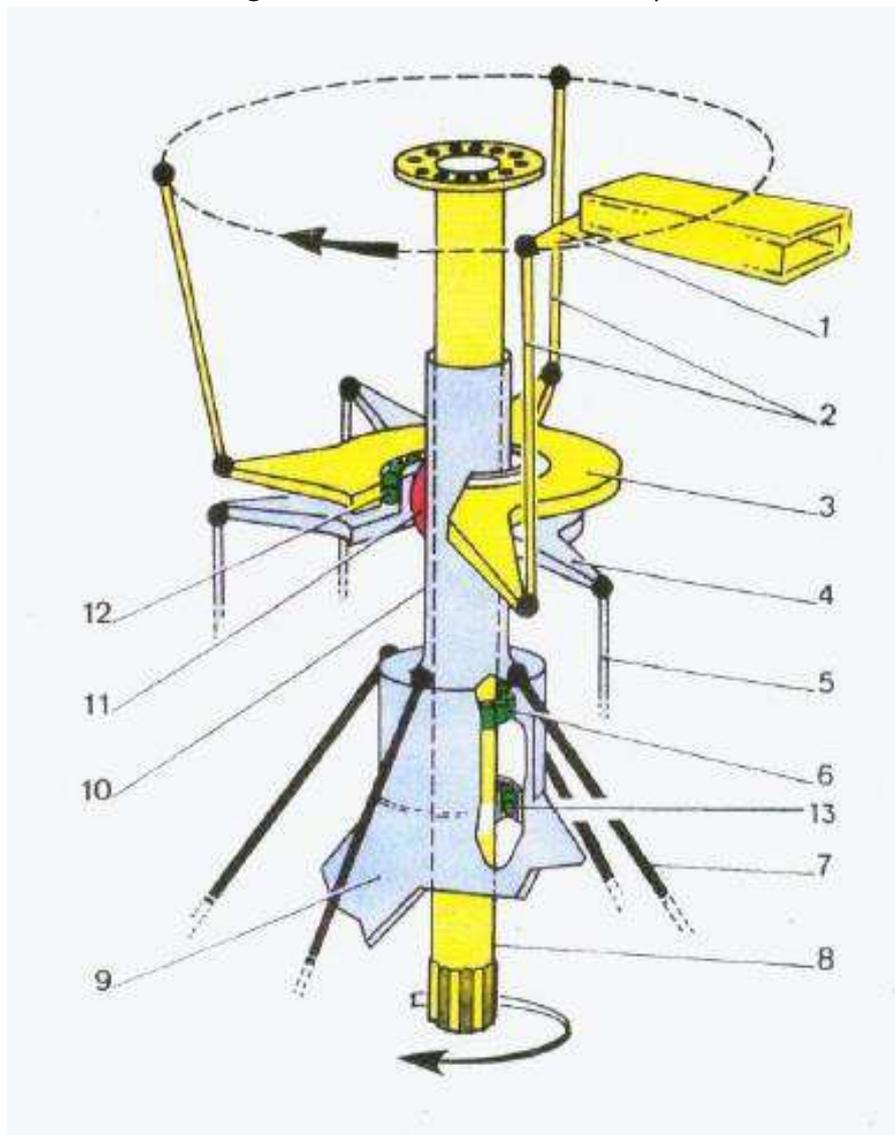
Montado numa rótula (11), ele pode: Oscilar em volta da rótula (Variação cíclica do passo), deslocar-se ao longo do mastro (Variação coletiva do passo). A rótula desliza sobre uma guia (10).

O platô giratório (Montado sobre rolamentos) (12) acompanha todos os movimentos do platô fixo e os transmite às alavancas de passo (1) dos punhos da pá por meio de três hastes de comando de passo (2).

Um conjunto de carters (9) que, prolongando a guia do platô cíclico, efetua a ligação rígida do mastro da caixa de transmissão principal.

O eixo do rotor está ligado ao cárter por 2 rolamentos: O superior cilíndrico (6) e o inferior de quatro contatos (13), que suporta em voo a sustentação do rotor e no solo o peso do rotor. Esses esforços são recebidos por quatro barras de sustentação (7) fixadas no piso mecânico. (HELIBRAS, 1992).

**Figura 2 - Mastro do Rotor Principal**



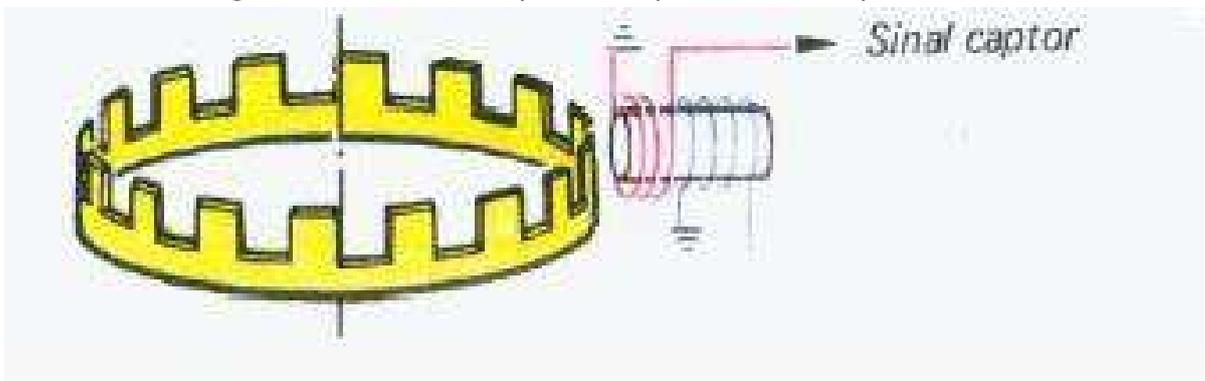
Fonte: HELIBRAS, 1992.

### 2.2.2 Roda Fônica

Componente acionado pela rotação do Mastro do Rotor principal, basicamente é uma roda de aço com 24 dentes que gira em torno do transmissor numa velocidade ( $NR$ ). (HELIBRAS, 1992).

A figura 3 ilustra o que foi descrito acima.

**Figura 3** - Roda Fônica passando pelo sensor Taquimétrico



Fonte: HELIBRAS, 1992.

### 2.2.3 Numero de rotações ( $NR$ )

A ( $NR$ ) é o numero de rotações por minuto (RPM), que as pás giram em torno do mastro do rotor principal, esse movimento é resultado da rotação que é gerada pelo motor da aeronave, o qual transmite esse movimento para os conjuntos dinâmicos da aeronave, onde ocorre uma redução de  $NR$ , logo após essa rotação é transferida para o mastro do rotor principal. Tal informação é de grande importância para a correta operação da aeronave, tendo em vista que o piloto precisa desse controle para não extrapolar os limites operacionais previstos pelo fabricante da aeronave. (HELIBRAS, 1992).

A indicação de  $NR$  também é utilizada no regime de controle de rotação do Rotor Principal, sendo utilizado como parâmetro para o toque (Contínuo ou Intermitente) do conjunto de alarme sonoro, Buzina, e acendimento (Contínuo ou intermitente) da luz "Buzina" no painel de alarme da aeronave. (HELIBRAS, 1992).

## **2.3 Magnetismo**

Magnetismo é uma área da física onde se estuda a atração e a repulsão de objetos magnéticos. O ímã pode retratar esse estudo e é todo material que produz um campo magnético a sua volta. Na natureza existem ímãs que são rochas e que possuem a propriedade de atração, são as rochas magnéticas um exemplo seria a magnetita.

Já os ímãs artificiais são aqueles criados por meio de algumas ligas metálicas como o níquel-cromo, eles podem ser encontrados nos ímãs de geladeira ou mesmo na porta da geladeira, por exemplo. Tais elementos conseguem expressar a força do magnetismo, mas hoje sabemos que todos os materiais possuem magnetismo, alguns menos, outros mais. Geralmente, os ímãs são usados em equipamentos eletrônicos e elétricos. (eletromagnetismo.info, 2017).

### **2.3.1 Campo Magnético**

O campo magnético é a área ao redor do ímã, cuja atrai materiais ferromagnéticos, paramagnéticos ou ímãs. O campo gravitacional, elétrico e magnético tem algumas características semelhantes.

Para constatarmos o que é um campo magnético na prática, pode-se utilizar a experiência do ímã. Ao posicionar uma folha branca sobre o ímã e jogarmos a limalha de ferro, nota-se que os grãos tendem a formar curvas que conectam os polos. Essas linhas estabelecidas são conhecidas como linhas de indução magnética. Tais linhas costumam ir do sentido norte para o sul. Assim, essa região formada ao redor do ímã é conhecida como campo magnético. (eletromagnetismo.info, 2017).

### **2.3.2 Força Magnética**

O responsável por oferecer a força necessária para gerar um campo magnético em um carga em movimento são as forças magnéticas. A força

magnética é a interação entre corpos distantes e ela só acontece se houver a corrente elétrica, mas isso não acontece quando esses corpos estão em repouso. As características dessa força magnética foram definidas por Hendrick Antoon Lorentz, um físico. (eletromagnetismo.info, 2017).

### **2.3.3 Fluxo Magnético**

O fenômeno chamado de fluxo magnético, é responsável por medir o magnetismo, considerando a força e a extensão dele, no campo magnético, sobre uma plataforma. Esse estudo foi desenvolvido pelo cientista Michael Faraday. (eletromagnetismo.info, 2017).

Por meio de suas experiências, percebeu que, ao analisar que uma força eletromotriz ou voltagem, aparecia no circuito, acontecia alteração de valor no fluxo magnético. Além disso, pode ver que essa força aumentava sua rapidez de acordo com a variação do fluxo. Esse fenômeno, denominou-se indução eletromagnética ou Lei da Faraday da indução eletromagnética. (eletromagnetismo.info, 2017).

## **2.4 Ondas**

Ondas são perturbações que se propagam no espaço ou em meios materiais transportando energia. De acordo com a sua natureza, as ondas podem ser classificadas em dois tipos:

Ondas mecânicas são as ondas que se propagam em meios materiais. Por exemplo; as ondas marítimas, ondas sonoras, ondas sísmicas etc. A descrição do comportamento desse tipo de onda é feita pelas Leis de Newton.

Ondas eletromagnéticas são resultados da combinação de campo elétrico com campo magnético. A sua principal característica é que não precisam de um meio material para propagar-se. São exemplos desse tipo de onda a luz, raio X, micro-ondas, ondas de transmissão de sinais, entre outras. (MARIANA MENDES, 2017).

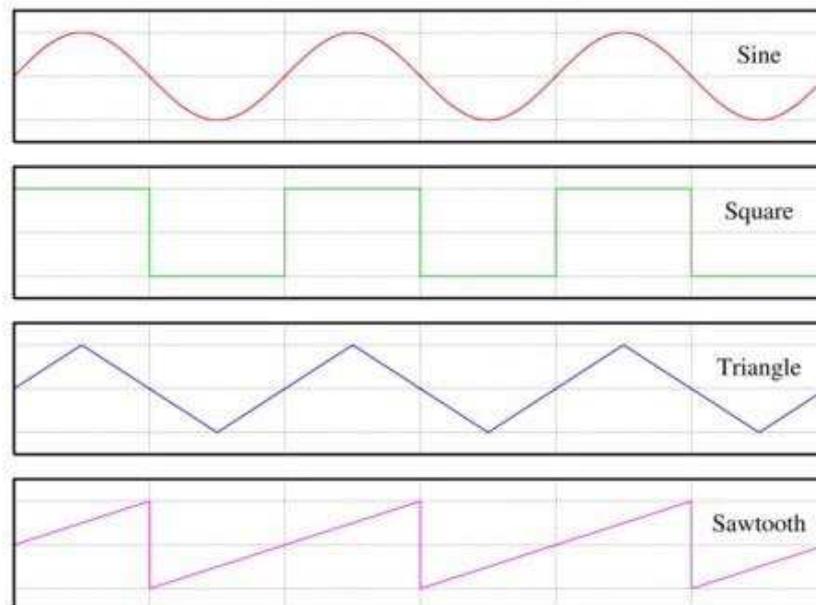
### 2.4.1 Formas de ondas

Forma de onda é a representação gráfica de uma forma com que a onda evolui ao longo do tempo. Normalmente os fenômenos ondulatórios, tais como o som, ou ondas eletromagnéticas acatam a funções matemáticas periódicas.

Para cada função, a evolução da amplitude da onda ao longo do tempo é diferente e determina uma forma de onda diferente. Esta característica das ondas é importante principalmente para a determinação do timbre de um som ou para aplicações de modulação. (UNIUBE, 2017).

Basicamente as ondas podem ser representadas de quatro formas de acordo com a figura 4:

**Figura 4 -** Comportamento das ondas no Gráfico



. Fonte: UNIUBE, 2017.

### 2.4.2 Ondas quadradas

É uma forma de onda pela alternância entre um estado de amplitude nula e outro estado de amplitude máxima, tendo em vista que cada um destes estados tem continuação igual. Quando o tempo em um dos estados é maior que o outro,

é chamada esta onda de onda retangular ou pulso. Este tipo de onda é utilizada especialmente para a modulação por largura de pulso - PWM.

A onda quadrada é uma forma básica de onda, encontrada regularmente nas áreas da eletrônica e do processamento de sinais. Uma onda quadrada ideal alterna repetidamente e instantaneamente entre dois níveis, os quais podem ou não incluir o zero. As ondas quadradas são globalmente encontradas nos circuitos de chaveamento digitais e são espontaneamente encontradas em dispositivos lógicos de dois níveis. (UNIUBE, 2017).

## **2.5 Relé**

Quando aparecido em meados do século XIX o Relé é um dispositivo eletromecânico, formado por um magneto móvel, o qual se desloca unindo os dois contatos metálicos. (CARLOS E. MORIMOTO, 2017).

Pode-se considerar o funcionamento do Relé bem simples, boa parte desses componentes trabalha da seguinte forma: quando uma corrente passa através de uma bobina, esta cria um campo magnético que atrai um ou uma série de contatos abrindo ou fechando circuitos. Ao findar a corrente da bobina o campo magnético também suspende, fazendo com que os contatos retornem para a posição original. Os relés podem ter numerosas configurações quanto aos seus contatos: podem ter contatos NA, NF ou ambos, neste caso com um contato comum ou central (C). Os contatos NA (normalmente aberto) são os que estão abertos no tempo em que a bobina não está energizada e que fecham, quando a bobina recebe uma corrente. Os NF (normalmente fechado) abrem-se quando a bobina recebe corrente, ao contrário dos NA. (DIEGO M. D. SANTOS, 2017).

## **2.6 Sensor**

Um sensor é um dispositivo capaz de detectar/captar ações ou estímulos externos e responder em consequência. Estes aparelhos podem transformar as grandezas físicas ou químicas em grandezas elétricas. (conceito.de, 2017)

## 2.7 Sensor Taquimétrico

É o nome dado ao sensor que capta estímulos provenientes dos dentes da roda fônica e os converte em sinais elétricos para serem transmitidos ao indicador de número de rotações do rotor principal da aeronave, o sensor é demonstrado através da figura 5.

**Figura 5** - Sensor Taquimétrico

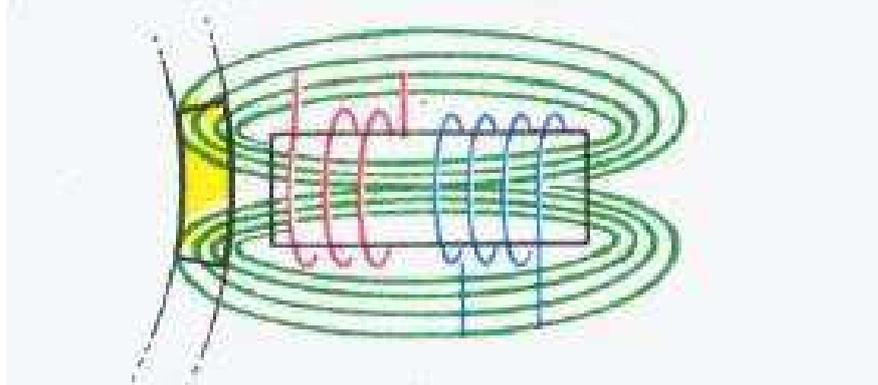


**Fonte:** Autoral

O sensor taquimétrico basicamente funciona da seguinte forma:

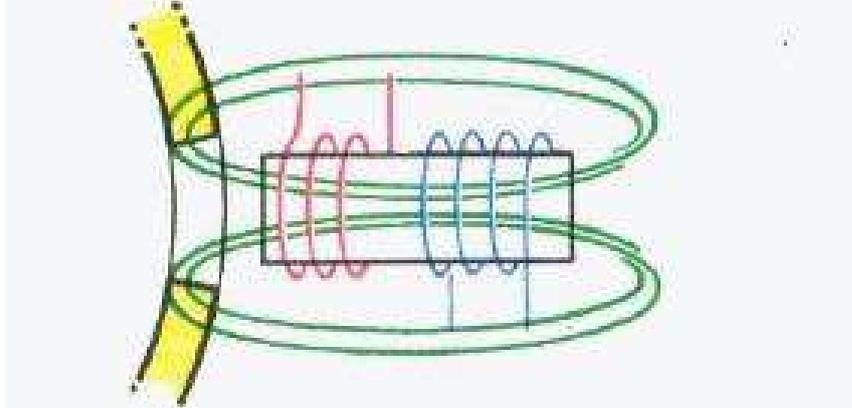
Na passagem de cada dente (da roda fônica) ocorre uma variação de fluxo magnético que provoca um impulso elétrico (sinal), como é mostrado nas figuras 6 e 7. Os impulsos elétricos têm uma frequência  $F$  igual ao número de variações de fluxo por segundo, ou seja,  $F$  é igual o número de dentes multiplicado pelo número de rotações dividido por sessenta. Como o número de dentes, é constante e igual a 24 a frequência do sinal varia de acordo com a  $NR$ . Quando um dente da roda passa diante do transmissor o fluxo magnético atinge o máximo (figura 6). Quando uma reentrância se encontra diante do transmissor o fluxo é mínimo (figura 7) (HELIBRAS, 1992).

**Figura 6** - Sensor Taquimétrico atingindo o fluxo máximo de magnetismo



Fonte: HELIBRAS, 1992.

**Figura 7** - Sensor Taquimétrico atingindo o fluxo mínimo de magnetismo



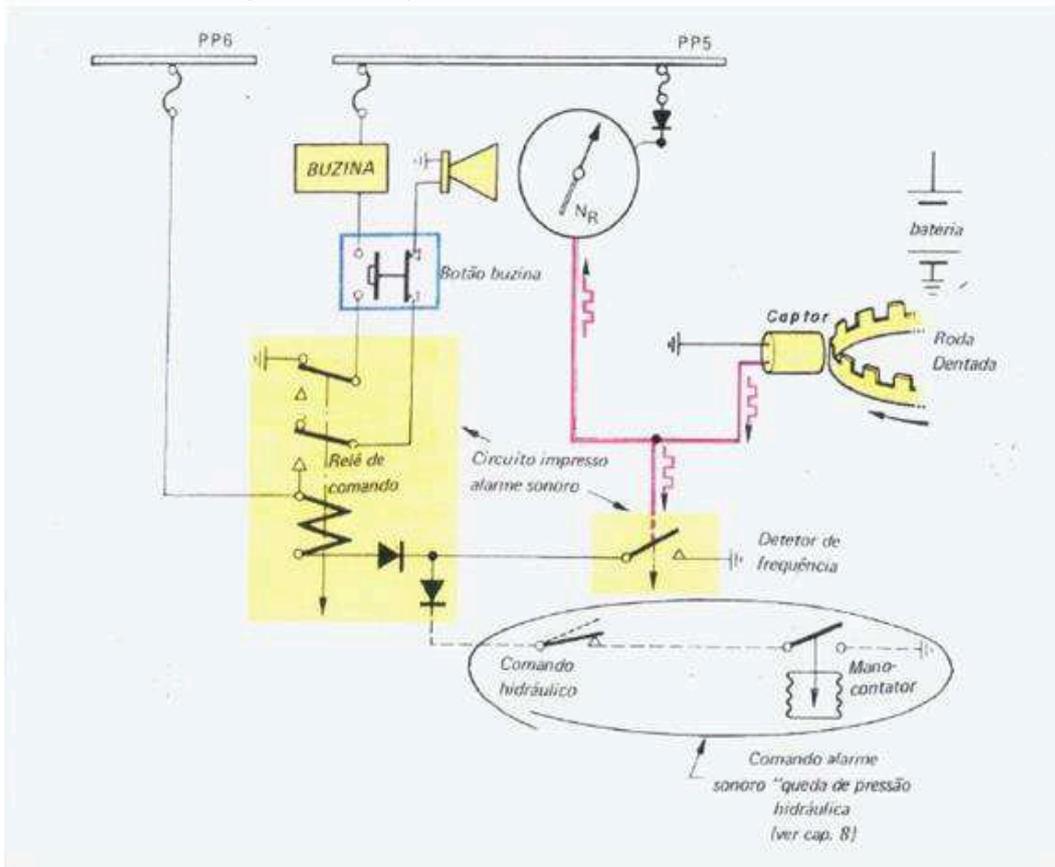
Fonte: HELIBRAS, 1992.

Os sinais de onda quadrada cuja frequência é proporcional ao número de  $NR$  serão enviadas para o indicador taquimétrico onde um conversor “frequência-tensão” os transforma em sinais contínuos cujo valor é proporcional a frequência, logo a  $NR$ . O desvio do ponteiro do indicador é proporcional a essa corrente.

Além disso, os sinais obtidos pelo sensor taquimétrico são também enviados a um cartão impresso (detector de frequência eletrônico) que fecha o circuito de comando para tocar a buzina para as frequências correspondentes a  $250 < NR < 360$  RPM, para esta faixa de rotações o contato do detector de frequência fecha. O relé de comando, acionado, fica em posição “ligado” fazendo com que a buzina do sistema fique alimentada e irá soar. (HELIBRAS, 1992).

A figura 8 demonstra o “Diagrama esquemático do controle de rotações e alarme sonoro” da aeronave AS 350 L1.

**Figura 8** - Diagrama de funcionamento do controle de NR



Fonte: HELIBRAS, 1992.

O alarme sonoro se dá da seguinte forma:

A buzina é alimentada por um contato "LIGADO", do relé de comando;

A luz "BUZINA" é alimentada por um contato "DESLIGADO" do mesmo relé, portanto, quando a buzina toca a luz está apagada e vice-versa.

Para que o relé de comando seja acionado é necessário:

Ou que o contato do detector de frequência esteja fechado (estará fechado no caso de  $250 < NR < 360$  RPM ou  $NR > 410$  RPM);

Ou que a pressão hidráulica caia abaixo de 30bar (fechamento do manocontactador).

Basicamente o esquema funciona dessa forma:

Botão da buzina pressionado a buzina toca quando a  $250 < NR < 360$  RPM (som contínuo),  $NR > 410$  RPM (som intermitente) e Pressão hidráulica  $< 30$  bar (som contínuo);

Botão da buzina desligado, a luz BUZINA conforme a figura 9 ascende quando:  $250 > NR > 360$  RPM (luz ascende continuamente),  $250 < NR < 360$  RPM (luz ascende intermitentemente) e Pressão hidráulica  $> 30$  bar. (HELIBRAS, 1992).

**Figura 9 - Luz BUZINA no painel de alarme**



Fonte: autoral

## 2.8 Indicador Taquimétrico

Indicador Taquimétrico, figura 10, é o instrumento responsável pela indicação do numero de rotações do Rotor Principal, este item fica localizado no painel de instrumentos da Aeronave AS 350 L1. (HELIBRAS, 1992).

**Figura 10 - Indicador Taquimétrico**



Fonte: Autoral

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Metodologia da pesquisa**

A metodologia utilizada foi a pesquisa descritiva, onde o processo descritivo visa à identificação, registro e análise das características, fatores ou variáveis que se relacionam com o fenômeno ou processo. Esse tipo de pesquisa pode ser entendido como um estudo de caso onde, após a coleta de dados, é realizada uma análise das relações entre as variáveis para uma posterior determinação dos efeitos resultantes em uma empresa, sistema de produção ou produto (PEVORANO, 2014).

Todos os procedimentos que serão descritos foram obtidos através do cartão de trabalho 62.30.00.402 contidas no manual de manutenção da aeronave.

### **3.2 Materiais e métodos**

Na Figura 14 pode-se observar uma visão geral do sensor instalado no Mastro do Rotor Principal, tendo em vista que os materiais a serem utilizados na instalação do estão descritos a seguir:

- 2 (dois) Parafusos de Aço, figura 12;
- 1 (um) Conjunto de calços laminados, figura 19;
- 2 (dois) Porcas autofrenantes, figura 13;
- 1 (um) O'Ring de elastômero, figura 11;
- 1 (um) Selante 1771 B2, figura 14;
- 1 (um) Sensor, figura 14;
- 1 (um) Graxa G382, figura 15.

**Figura 11 - O'ring de vedação**



Fonte: Autoral

**Figura 12 - Parafuso de fixação do sensor**



Fonte: Autoral

**Figura 13** - Porca de fixação do sensor

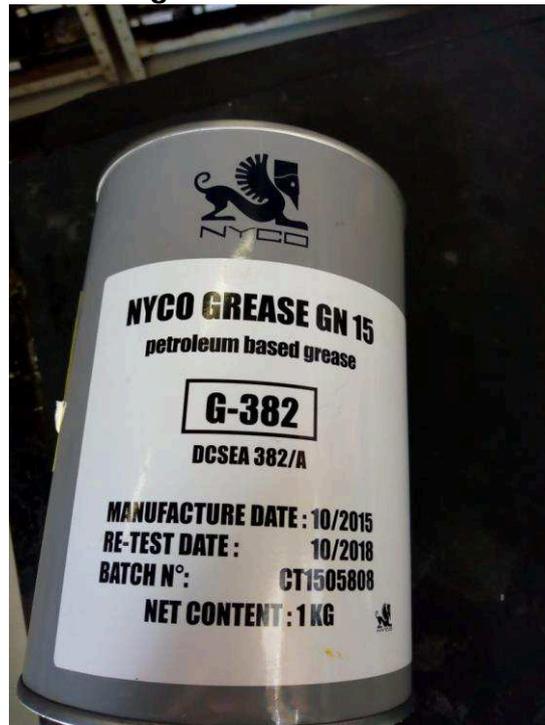


Fonte: Autorial

**Figura 14** - Sensor Taquimétrico instalado no Mastro do Rotor Principal



Fonte: autorial

**Figura 15 - Graxa G382**

Fonte: Autoral

Basicamente a instalação do Sensor Taquimétrico é uma sequência simples, porém necessita de muita atenção a fim de realizar corretamente os cálculos para as folgas determinadas na figura 16, tal procedimento pode ser descrito no manual de manutenção da aeronave, o qual cita todo procedimento de forma clara e objetiva.

Primeiramente verifica-se com um paquímetro, se a excentricidade da Roda Fônica é inferior a 0,5 mm (0,0019 pol), logo após com um paquímetro de profundidade que aparece na figura 18 é realizada a medição de acordo com a figura 17 de dente por dente da Roda Fônica os quais aparecem na figura 16, como a mesma tem um número de 24 dentes, os quais devem estar em bom estado de aparência, sem sinais de desgaste, rebarbas, moças ou qualquer tipo de dano, tendo em vista que se busca determinar o dente mais próximo do Cartér. Utilizando o calço laminado, figura 19, ajusta-se o espaço "Ep" da figura 20 entre o dente selecionado e o Sensor Taquimétrico. Uma observação importante é sobre o espaço "Ep", essa folga para ser calculada deve-se estipular um valor máximo "Emax".

**Figura 16 - Dente da Roda Fônica**



Fonte: Autoral

**Figura 17 - Medição da Roda Fônica**



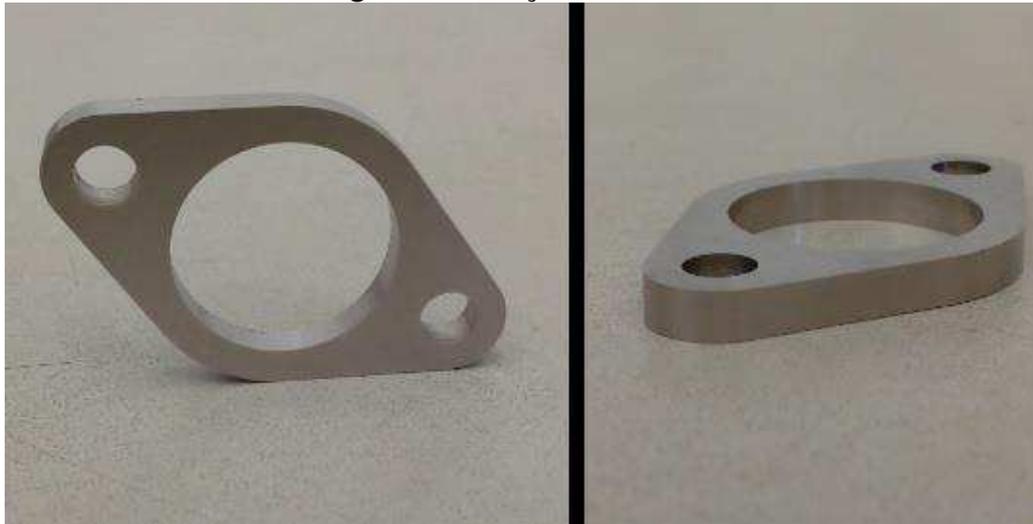
Fonte: autoral

**Figura 18 - Paquímetro de Profundidade**

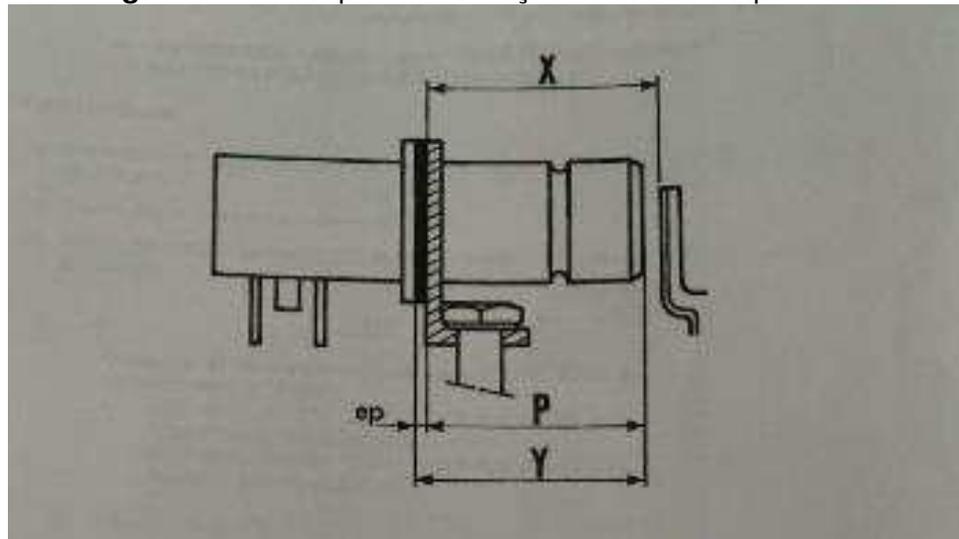


Fonte: Autoral

**Figura 19 - Calços Laminados**



Fonte: Autoral

**Figura 20** - Cotas para a instalação do sensor Taquimétrico

Fonte: Autoral

Diante disso é adotado o valor 0,5 mm até 0,8 mm para o “E<sub>max</sub>”. Após a coleta dos dados dos valores de “X”, conforme a figura 20, será realizado um cálculo simples onde serão utilizadas as seguintes equações: “ $ep_{max} = Y - P$ ”, onde “ $ep_{max}$ ” é a quantidade máxima de calços laminados “ $ep$ ”. Em seguida, mede-se a cota “P”, conforme a figura 20, o valor dessa cota deverá ser dado pela fórmula “ $P = (X - E_{max})$ ”. Sendo assim pode-se dizer que “ $ep_{max} = Y - X + E_{max}$ ”.

Posteriormente coloca-se um pouco de graxa G382, de acordo com a figura 15, na ponta do sensor, conforme a figura 21, e o instala ao conjunto do Mastro do Rotor Principal, com os parafusos, porcas e arruelas antigas, aplica-se o torque descrito pelo fabricante e gira-se o conjunto Mastro do Rotor Principal a fim de completar uma volta de 360° em seu próprio eixo, depois desse procedimento retira-se o sensor e indaga-se, se a graxa foi removida parcialmente como na figura 22, caso o resultado seja satisfatório o sensor deverá ser instalado com um conjunto novo de parafusos, porcas e arruelas, aplica-se o torque de 3 N.m a 4 N.m determinado pelo fabricante e utiliza-se um cordão de selante no suporte conforme a figura 14.

**Figura 21 - Graxa colocada na ponta do sensor Taquimétrico**



Fonte: Autoral

**Figura 22 - Padrão de remoção da graxa**



Fonte: Autoral

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Resultados

Durante o período de 01 de Agosto a 27 de outubro de 2017 foram realizadas quatro instalações do Sensor Taquimétrico no conjunto do Mastro do Rotor Principal, dentre essas inspeções foram obtidos alguns resultados, com relação às cotas para a instalação do Sensor Taquimétrico, de acordo com a figura 20, os quais serão citados por ordem cronológica.

A primeira instalação realizada foi na aeronave prefixo EB 1007, onde foram obtidas as cotas para instalação do Sensor Taquimétrico, conforme a Tabela 1, sabendo que o valor em destaque corresponde ao valor de “X”, o valor “Y” corresponde ao tamanho do sensor e “ep” é a quantidade de calços utilizados, conforme a figura 20.

**Tabela 1** - Valores obtidos para as cotas de Instalação do sensor Taquimétrico da aeronave EB 1007

Aeronave EB 1007	
Numero do dente	Valor de "X" (mm)
1	37,12
2	37,18
3	37,06
4	37
5	37
6	37,06
7	37,3
8	37,08
9	37
10	37
11	36,98
12	37
13	37
14	37,1
15	37,16
16	37,16
17	37,2
18	37,2
19	37,12
20	37,26
21	37,1
22	37,1
23	37,12
24	37,06

Diante desses valores obtidos onde  $Y = 38,10$  mm;  $X = 36,98$  mm; adota-se  $E_{max} = 0,8$  mm. Aplicando a esses valores na fórmula  $ep_{max} = Y - X + E_{max}$  encontra-se  $ep_{max} = 38,10 - 36,98 + 0,8$ . Sendo assim  $ep_{max} = 1,92$  mm, ou seja esse será o número ideal de calços, figura 19, que deverão ser colocados durante a instalação.

A segunda instalação realizada foi na aeronave prefixo EB 1022, onde foram obtidas as cotas para instalação do Sensor Taquimétrico, conforme a Tabela 2, sabendo que o valor em destaque corresponde ao valor de "X", o valor "Y" corresponde ao tamanho do sensor e "ep" é a quantidade de calços utilizados, conforme a figura 20.

**Tabela 2** - Valores obtidos para as cotas de Instalação do sensor Taquimétrico da aeronave EB 1022

Aeronave EB 1022	
Numero do dente	Valor de "X" (mm)
1	36,98
2	36,92
3	36,96
4	37
5	37,12
6	37,08
7	37
8	37,1
9	37
10	36,98
11	37,02
12	37
13	37,02
14	37,02
15	37,06
16	37,02
17	36,98
18	36,92
19	36,88
20	36,9
21	37
22	37,1
23	37,08
24	37,12

Diante desses valores obtidos onde  $Y = 38,10$  mm;  $X = 36,88$  mm; adota-se  $E_{max} = 0,8$  mm. Aplicando a esses valores na fórmula  $ep_{max} = Y - X + E_{max}$  encontra-se  $ep_{max} = 38,10 - 36,88 + 0,8$ . Sendo assim  $ep_{max} = 2,02$  mm, ou seja esse será o número ideal de calços, figura 19, que deverão ser colocados durante a instalação.

A terceira instalação realizada foi na aeronave prefixo EB 1010, onde foram obtidas as cotas para instalação do Sensor Taquimétrico, conforme a Tabela 3, sabendo que o valor em destaque corresponde ao valor de “X”, o valor “Y” corresponde ao tamanho do sensor e “ep” é a quantidade de calços utilizados, conforme a figura 20.

**Tabela 3** - Valores obtidos para as cotas de Instalação do sensor Taquimétrico da aeronave EB 1010

Aeronave EB 1010	
Numero do dente	Valor de "X" (mm)
1	36,88
2	36,78
3	36,88
4	36,78
5	36,98
6	36,78
7	36,78
8	36,78
9	37
10	36,84
11	36,9
12	36,92
13	36,98
14	37,04
15	37,12
16	37
17	36,88
18	36,8
19	36,88
20	36,84
21	36,82
22	36,76
23	36,88
24	36,9

Diante desses valores obtidos onde  $Y = 38,10$  mm;  $X = 36,76$  mm; adota-se  $E_{max} = 0,8$  mm. Aplicando a esses valores na formula  $ep_{max} = Y - X + E_{max}$  encontra-se  $ep_{max} = 38,10 - 36,76 + 0,8$ . Sendo assim  $ep_{max} = 2,14$  mm, ou seja esse será o numero ideal de calços, figura 19, que deverão ser colocados durante a instalação.

A quarta instalação realizada foi na aeronave prefixo EB 1003, onde foram obtidas as cotas para instalação do Sensor Taquimétrico, conforme a Tabela 4, sabendo que o valor em destaque corresponde ao valor de “X”, o valor “Y” corresponde ao tamanho do sensor e “ep” é a quantidade de calços utilizados, conforme a figura 20.

**Tabela 4** - Valores obtidos para as cotas de Instalação do sensor Taquimétrico da aeronave EB 1003

Aeronave EB 1003	
Numero do dente	Valor de "X" (mm)
1	37,02
2	37
3	36,96
4	36,94
5	36,9
6	36,86
7	36,84
8	36,9
9	36,94
10	37
11	37
12	37,04
13	37,08
14	37,12
15	37,1
16	37,1
17	37
18	36,96
19	36,92
20	36,88
21	36,92
22	36,98
23	36,98
24	36,98

Diante desses valores obtidos onde  $Y = 38,10$  mm;  $X = 36,84$  mm; adota-se  $E_{max} = 0,8$  mm. Aplicando a esses valores na formula  $ep_{max} = Y - X + E_{max}$  encontra-se  $ep_{max} = 38,10 - 36,84 + 0,8$ . Sendo assim  $ep_{max} = 2,06$  mm, ou seja esse será o numero ideal de calços, figura 19, que deverão ser colocados durante a instalação.

## 4.2 Discussões

Observa-se que em todos os cálculos foram utilizados o valor de  $E_{max} = 0,8$  mm, sendo que se pode utiliza-lo dentro do intervalo de 0,5 mm até 0,8 mm, pois bem, é costumeiro utilizar esse valor de 0,8 mm pelo fato de que, caso o sensor fique distante do dente da Roda Fônica, teremos tolerância suficiente para mudar o valor de "E<sub>max</sub>" para que ele fique mais próximo.

É preferível que ele fique mais distante primeiramente, pois se ele ficar muito perto, ao girar o conjunto Mastro do Rotor Principal em 360º em seu próprio eixo pode-se danificar o Sensor.

Para ter-se a certeza de que o sensor está na distancia ideal, verifica-se a quantidade de Graxa que será removida da ponta do sensor, a figura 21 demonstra a quantidade de graxa antes do giro do eixo do Conjunto Mastro do Rotor Principal e a figura 22 demonstra a quantidade de graxa exata que deverá permanecer na ponta do Sensor para que ele fique numa distância ideal, se o mesmo ficar muito perto, os dentes da roda fônica irão danificar o sensor e caso ele fique muito distante não será possível ter a leitura dos sinais eletromagnéticos gerados pelo campo magnético entre o Sensor Taquimétrico e os dentes da roda fônica.

## 5 CONCLUSÃO

Diante de tudo que fora citado neste trabalho de graduação, conclui-se que devido a sua importância o Sensor Taquimétrico merece um melhor entendimento de seu circuito e funcionamento, além do que o mesmo deverá receber uma atenção mais que especial principalmente com relação aos procedimentos de sua instalação, levando em consideração cada detalhe que é descrito nos parágrafos de seu cartão de instalação, contidos no Manual de Manutenção da Aeronave, além de citar todos os passos e materiais que deverão ser utilizados durante todo o processo de instalação, cada item deverá ter sua devida relevância.

E por fim os objetivos preponderantes foram à importância e o correto entendimento de sua instalação, tendo em vista que o Sensor Taquimétrico por mais simples que parece seus cálculos ou sua fixação, tal equipamento é de suma importância para o funcionamento dos instrumentos que dão parâmetros de voo para os pilotos, tendo em vista que qualquer falha ou mau entendimento pode ocasionar graves acidentes.

## REFERÊNCIAS

Carlos E. Morimoto, **Relê ( Relay)**. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/termos/rele-relay>>. Acesso em 19 de outubro de 2017.

CAVEX – **Versatilidade e Potencia no reconhecimento e ataque**. Disponível em: <<http://www.cavex.eb.mil.br/anvesquilo.html>>. Acesso em 20 de outubro de 2017

Centro de Instrução HELIBRAS, **MANUAL DE INSTRUÇÃO PARA MECÂNICOS - THM**. 1 ed. Itajubá: Arte, Composição e Impressão Gráficas HELIBRAS, 1992.

conceito.de - **Conceito de Sensor**. Disponível em: <<https://conceito.de/sensor>>. Acesso em 21 de outubro de 2017.

eletromagnetismo.info – **Magnetismo**. Disponível em: <<http://eletromagnetismo.info/magnetismo.html>>. Acesso em 20 de outubro de 2017.

Engenharia Elétrica UNIUBE, **FORMA DE ONDA2**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABMfQAK/forma-onda2>>. Acesso em 15 de outubro de 2017.

Diego Marcelo dos Santos, **Relê**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/electronica/rele/>> Acesso em 19 de outubro de 2017.

Johnson, Wayne, **HELICOPTER THEORY**. 1 ed. Washington: Dover publication, 1994.

Mariana Mendes, **Ondas**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/ondas.htm>>. Acesso em 13 de outubro de 2017.