
Aplicação da Etiqueta de Radiofrequência e Botão de Memória na Manutenção Aeronáutica

Carlos Frederico Grave Schönhardt¹, Aldren Montenegro Santos, Diego Carvalho Ribas, Freddy Jesus Blanco Lozada, Karyta Aline Pinna de Jesus, Leonardo Neves Carneiro, Donizeti de Andrade

¹ schonpilot@hotmail.com

RESUMO: As aeronaves são projetadas para atender aos requisitos de aeronavegabilidade, segurança e manutenibilidade. Considerando que estes requisitos são afetados pela ocorrência de erros de manutenção, os quais estão entre os principais fatores contribuintes dos incidentes graves e acidentes aéreos ocorridos no Brasil no período de 2004 a 2013, torna-se fundamental o estudo sobre a aplicação de novas tecnologias que aumentem a eficiência dos sistemas de manutenção das aeronaves e melhorem a rastreabilidade de informações, contribuindo desta forma para o aumento da segurança de voo, e garantindo a competitividade das empresas aeronáuticas. O trabalho mostra importantes aplicações desta tecnologia nas atividades aeronáuticas. Neste contexto, destaca-se o emprego de tecnologias de identificação automática AIT (*Automatic Identification Technology*) na gestão da manutenção, à medida que estas possibilitam o aumento da taxa e da qualidade do fluxo de informações e, por conseguinte, ajudam na redução de erros. Este trabalho tem como objetivo analisar o potencial de contribuição da tecnologia de identificação automática como uma ferramenta de melhoria do sistema de manutenção aeronáutica, por meio da utilização de etiqueta de rádio-frequência (Rfid) e botão de memória de contato (Cmb).

Palavras Chave: Etiqueta de Radiofrequência. Botão de memória de contato. Rastreabilidade.

Radio Frequency Identification Tag and Contact Memory Button Applications in Aviation Maintenance

ABSTRACT: Aircraft are projected to fulfill requirements of airworthiness, safety and maintainability. Considering that these requirements are affected by the occurrence of maintenance errors, which are among the main contributing factors for major incidents and accidents occurred in Brazil in the period between 2004 to 2013, it becomes critical the study about the application of new technologies which improve the aircraft maintenance system efficiency and traceability, which contributes to the improvement of the flight safety, ensuring the competitiveness of the aeronautical companies. The work shows important applications of this technology in aeronautical activities. In this context, it is highlighted the application of the automatic identification technologies (AIT) in the maintenance management, which contributes for the improvement of the rate and quality of the information flow and therefore it helps to reduce maintenance errors. The objective of this article is to analyze the contribution of the automatic identification technology as an improvement tool for the aeronautical maintenance systems, using radio-frequency tags and contact memory buttons.

Key words: Radio Frequency Identification Tag. Contact Memory Button. Traceability.

Citação: Schönhardt, CFG, Santos, AM, Ribas, DC, Lozada, FJB, Jesus, KAP, Carneiro, LN, Andrade, D. (2017) Aplicação da Etiqueta de Radiofrequência e Botão de Memória na Manutenção Aeronáutica. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 1, pp. 16-24.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da complexidade dos sistemas aéreos, a questão da manutenção sempre atraiu a atenção das empresas que operam em um dos ambientes mais competitivos existentes e fabricantes, com o objetivo de reduzir ou até mesmo eliminar o tempo de manutenção.

Kapoor et al (2005) destacam que o sistema de manutenção de aeronaves é complicado, pois interliga componentes técnicos e humanos e destacam que um estudo conduzido pela Boeing e US Air Transport Association em 1995 identificou o erro de manutenção como um fator crucial em acidentes aéreos no período de 1982 a 1991, contribuindo com 15% dos acidentes aéreos com perdas totais de aeronaves comerciais nos quais cinco ou mais pessoas faleceram. Rankin e Allen (1995) concluíram que os erros de manutenção são responsáveis por cerca de 20 a 30% dos apagamentos de motor em voo, e 50 por cento dos atrasos de voos.

A FCA 58-1 (2014) também destaca a presença do erro de manutenção no Brasil como o terceiro fator contribuinte principal dos incidentes graves (8,8%) e sétimo para os acidentes aéreos.

Além dos impactos gerados pelos erros de manutenção, existe a necessidade de melhoria contínua da eficiência dos sistemas de manutenção das empresas. Dado o tamanho da frota mundial de aeronaves voando pelo mundo, cada uma delas envolvendo milhões de peças individuais, existe a necessidade da disponibilidade de um grande fornecimento de sobressalentes e de rastreabilidade destes componentes, o que demanda um grande esforço administrativo. De acordo com Holloway (2006) foi

verificado em uma pesquisa realizada pela *America Research* que um mecânico de linha aérea pode consumir 70% do seu tempo de trabalho na localização de peças em estoque dentro da cadeia de suprimentos.

Nesse contexto, entende-se como fundamental investigar a aplicação de tecnologias que contribuam para a redução de erros de manutenção e a melhoria da rastreabilidade de dados a fim de garantir a segurança de voo e melhorar a eficiência dos processos de manutenção.

Dentre as tecnologias existentes, o uso de tecnologias de identificação automática na indústria aeronáutica destaca-se nesse sentido. Isto pode ser explicado pela capacidade dessa tecnologia aumentar a velocidade do fluxo de dados, melhorar a rastreabilidade das informações, dar maior visibilidade à cadeia de suprimentos, o que incrementa a eficiência e segurança do sistema de manutenção.

Segundo Raimundo (2007), existem duas áreas básicas para a aplicação de tecnologias de identificação automática na indústria aeronáutica, com o mesmo objetivo: tornar o processo de manutenção mais eficiente, trabalhando de forma preventiva sem comprometer a segurança dos passageiros. As duas áreas básicas constituem na aplicação da tecnologia de identificação automática na cadeia de suprimentos de sobressalentes e na rastreabilidade do ciclo de manutenção de um componente.

Rozhdestvenskiy (2010) destaca que a rastreabilidade de componentes e peças é indispensável nos processos produtivos de empresas aeronáuticas. Dentre as diferentes tecnologias de identificação automática conhecidas como códigos de barras linear, códigos de barra bidimensionais, tarja magnética, reconhecimento óptico de caracteres, *smart cards*, reconhecimento de voz, *Radio Frequency Identification Tags* (RFID) e *Contact Memory Buttons* (CMB), este trabalho examina a tecnologia das etiquetas RFID e dos CMB. A motivação é a existência de algumas iniciativas de uso destas tecnologias nos sistemas de manutenção das aeronaves.

Chang et al (2014) afirmam que a utilização das etiquetas RFID na indústria aeronáutica é relativamente difundida entre os fabricantes de aeronaves fora do Brasil. Tanto a Boeing como a Airbus utilizam esta tecnologia em suas aeronaves comerciais. A Boeing anunciou em 2005 que os fornecedores de diversas peças da aeronave 787 *Dreamliner* deveriam afixar etiquetas RFID em suas peças antes do envio à empresa. A Airbus por sua vez, promove a implementação de soluções industriais com o uso de etiquetas RFID nas peças de aeronaves comerciais. Ambas as empresas acreditam nos benefícios do uso de tecnologia de identificação automática na indústria aeronáutica, dentre eles: a obtenção de informações mais precisas sobre a demanda de peças, a diminuição de inventário e do tempo necessário para revisá-lo, e a redução do tempo para reparar as aeronaves.

De acordo com Rfsense (2009), na indústria aeronáutica brasileira, encontra-se apenas o caso da EMBRAER que em 2009 adotou as etiquetas RFID no controle de inventário de ferramentas e atualmente utiliza esta tecnologia no controle de recebimento de peças.

Rozhdestvenskiy (2010) afirma que embora exista interesse no uso das etiquetas RFID entre os fabricantes de aeronaves, identificou-se que as mesmas possuem aplicação limitada em alguns segmentos específicos da indústria aeronáutica. Por exemplo, há peças do motor de uma aeronave que não podem receber etiquetas RFID, em razão das condições severas de utilização (altas temperaturas e restrições mecânicas), e do material utilizado na fabricação de motores. Este material pode atuar como uma barreira às ondas eletromagnéticas que as etiquetas RFID utilizam para se comunicar com o leitor.

Pode-se afirmar que as referidas limitações à utilização das etiquetas RFID foi complementada pela utilização de CMB na indústria aeronáutica. Estas duas tecnologias complementam-se na identificação de peças e componentes de aeronaves.

O trabalho de Technique-De L'Ingenieur (2010) comprovou que dentre os usuários da tecnologia de CMB, a Airbus, no seu projeto A350, utilizou os CMB nos equipamentos localizados em zonas não pressurizadas e como *back-up* das etiquetas RFID em zonas pressurizadas. Kumar e Coop (2012) afirmam que a Boeing por sua vez utiliza esta tecnologia em complemento com as etiquetas RFID dentro de suas aplicações para a melhoria de qualidade, produtividade e manutenibilidade.

Como exemplo de usuários dos CMB na aviação militar, destaca-se o Exército Norte-Americano. Por meio de um sistema de gestão de manutenção denominado *Aviation Maintenance Automated Tracking System* (AMATS), o Exército Norte-Americano utiliza os CMB para guardar os dados de manutenção de suas aeronaves. Os dados de manutenção são enviados após cada intervenção de manutenção, por meio de um PDA (*Personal Digital Assistant*), a uma base de dados denominada MMIS (*Maintenance Management Information System*) formando um sistema de manutenção automatizado. Este sistema conta ainda com Boletins Técnicos explicando em detalhes os procedimentos de instalação dos CMB e os itens que devem ser identificados (Tb 1-1520-238-20-140, 2005).

O presente trabalho tem como objetivo analisar o potencial de contribuição da tecnologia de identificação automática como uma ferramenta de melhoria do sistema de manutenção aeronáutica, por meio da utilização de etiquetas de radiofrequência e CMB.

2 METODOLOGIA

De acordo com Silva e Menezes (2005), esta é uma pesquisa aplicada que destaca a rastreabilidade de itens aeronáuticos controlados com descrição das características associadas e apresenta exemplos de aplicação das tecnologias RFID e CMB na indústria aeronáutica e seus benefícios em que o processo e seu significado são os focos principais de abordagem.

Gil (1991) estabelece que a realização deste trabalho através de um levantamento de livros, trabalhos e outras pesquisas o define como uma pesquisa bibliográfica; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o uso de tecnologias RFID e CMB na indústria aeronáutica brasileira, e análises de exemplos que auxiliam a compreensão do assunto também foram utilizadas.

3 RESULTADOS

A manutenção é uma atividade antiga, e segundo Kardec e Nascif (2006), pode ser observada desde os primórdios, quando o homem utilizava recursos para manter seus instrumentos de caça e pesca em funcionamento por mais tempo.

Esses autores afirmam que a manutenção deve garantir a disponibilidade da função do equipamento e suas instalações, de modo a atender um processo ou serviço com confiabilidade e segurança. Dessa forma, a execução da manutenção aeronáutica deve, obrigatoriamente, priorizar a segurança de voo, atendendo aos padrões mínimos exigidos pelos fabricantes. Com o objetivo de atender a segurança de voo e os padrões exigidos pelas autoridades aeronáuticas, as empresas de manutenção precisam adotar um modelo de gestão de manutenção eficiente, que minimize os erros e melhore continuamente os processos.

Em trabalho realizado por Jesus (2015) ratifica que no processo de manutenção, um dos maiores desafios é controlar a produtividade e a eficiência dos técnicos, profissionais que se ocupam das atividades de manutenção e garantem a disponibilidade das aeronaves e a segurança de voo. Isso porque suas atividades são dinâmicas, complexas e exigem experiência e conhecimento especializado, uma vez que a realização de cada tarefa deve ser feita dentro de um tempo determinado. Atualmente, o desafio é atender a demanda através de sistematizações que sejam eficientes, confiáveis, seguras e rastreáveis, proporcionando, algumas vezes até em tempo real, um controle mais eficaz das inspeções, manutenções e também do ferramental. Como consequência, tem-se a aeronave disponível para o voo mais rapidamente e com um elevado nível de segurança.

São, a seguir apresentadas análises sobre as características das tecnologias RFID e CMB e aplicações na manutenção aeronáutica.

3.1 Etiquetas de identificação por radiofrequência

Watt e Smith (1997) afirmam que os sistemas RFID foram desenvolvidos em 1973 e constituem o método mais avançado para identificação automática de peças e componentes aeronáuticos atualmente.

A tecnologia RFID é composta por um leitor (*interrogator* ou *reader*), um *transponder* conhecido como etiqueta (*tag*), e um computador ou outro sistema de processamento de dados. O *transponder* é constituído de um microchip e uma antena que em conjunto formam a etiqueta (*tag*), conforme apresentado na Figura 1. A grande maioria das etiquetas RFID utiliza um *microchip* de silicone para armazenar um único número de série e eventualmente, informação adicional. Neste *microchip*, os dados de origem, destino, fornecedor, data de expiração, informações de rastreabilidade são armazenadas. A antena da etiqueta é o dispositivo responsável pela conectividade por meio de ondas de rádio entre a informação armazenada no *microchip* e a antena do leitor. As etiquetas podem ser fornecidas em diversos formatos e tamanhos.

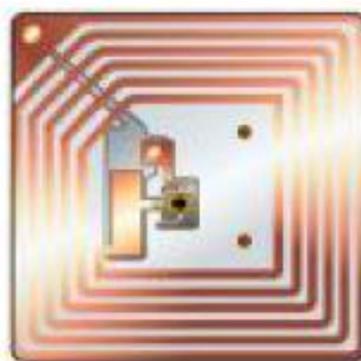


Figura 1: Etiqueta de Identificação por Rádiofrequência (Raimundo Paulo, 2007).

O leitor é basicamente um transmissor de radiofrequência e um receptor, o qual pode ser gerenciado por um microprocessador (Figura 2). Possui uma antena que faz a conexão com a antena localizada na etiqueta. Quando as duas antenas

estão conectadas, ocorre a transmissão de dados. Da mesma forma que as etiquetas, os leitores são fornecidos em diferentes formatos e tamanhos dependendo da aplicação.



Figura 2: Modo de Leitura de Etiqueta de Identificação por Radiofrequência (Kumar, Coop, 2012).

Após a informação ser coletada pelo leitor ela precisa ser enviada para um sistema que vai fazer a análise necessária ou somente enviar a informação para uma base de dados.

As ondas de rádio são classificadas pelas suas frequências, as quais podem ser expressas em kilohertz (khz), megahertz (mhz), ou giga-hertz (ghz). Variam de 3khz a 3000 ghz, na fronteira com as frequências infravermelhas, conforme observado na Figura 3. As etiquetas RFID são classificadas entre *Low Frequency* (125-134 khz), *High Frequency* (13,56 mhz), *Ultra High Frequency* (860-930 mhz), e *Microwave* (2,45, 5,8 ghz).

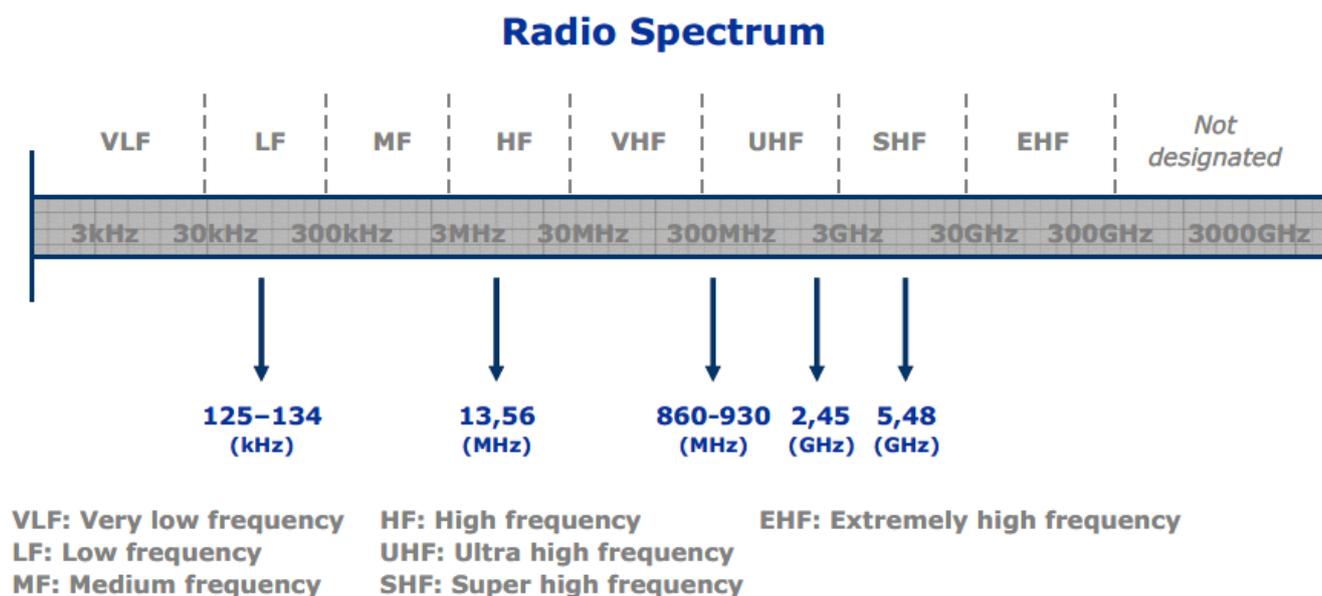


Figura 3: Frequências Utilizadas em Sistemas RFID (Raimundo Paulo, 2007).

De forma geral, há uma relação entre a frequência da onda e o seu alcance de leitura, a velocidade de transferência de dados, e a sua capacidade de penetração (Tabela 1).

Tabela 1: Sumário das Características-Chaves dos Sistemas RFID (Adaptado de Raimundo Paulo, 2007).

	LF	HF	UHF	Microwave
Alcance máximo de leitura	< 0.5 m	1m	3m	1.5m
Razão de transferência de dados	Mais lenta	←————→		Mais rápida
Capacidade de leitura próximo de metais ou superfícies molhadas	Melhor	←————→		Pior
Tamanho da etiqueta passive	Maior	←————→		Menor

As etiquetas RFID podem ser ativas ou passivas. O primeiro tipo não necessita de baterias e, portanto, a energia é fornecida pelo leitor. Quando as ondas de rádio do leitor encontram uma etiqueta RFID passiva, a antena localizada na etiqueta forma um campo magnético. Por meio deste, a etiqueta obtém a energia necessária para alimentar os circuitos e retornar o sinal ao leitor com os dados armazenados.

As etiquetas RFID ativas possuem o seu próprio transmissor e fonte de energia (eventualmente podem existir etiquetas alimentadas por energia solar ou outra fonte). O *chip* energizado emite sinais de forma contínua ou quando solicitado. Possui alcance maior que o das etiquetas passivas. Por outro lado, as etiquetas RFID ativas são relativamente muito mais caras, o que restringe a sua aplicação.

Raimundo Paulo (2007) ressalta que o uso de etiquetas RFID passivas já foi aprovado pela *Federal Aviation Administration* (FAA) em maio de 2005 por iniciativa conjunta da Boeing e Fedex em 2003 e 2004 em testar etiquetas RFID passivas aplicadas em componentes aeronáuticos e comprovar que não há interferência gerada por este sistema. Esta aprovação viabilizou a utilização destas etiquetas na aeronave 787 Dreamliner.

A decisão da FAA sobre o uso de etiquetas RFID ativas tem um impacto significativo para a manutenção aeronáutica. Caso esta aprovação ocorra, as etiquetas RFID vão ser elevadas de ferramentas de identificação e registro, para sensores distribuídos por toda a aeronave, com o potencial de formar uma rede *wireless* capaz de dar visibilidade das condições em que peças e componentes estão expostos. No curto prazo, este tipo de informação pode ser utilizado para antecipar um alerta à equipe de manutenção em solo de que um reparo vai ser necessário após o próximo pouso da aeronave numa localidade específica. Com isso, o deslocamento de pessoal qualificado e de sobressalentes pode ser planejado antecipadamente.

No longo prazo, a consolidação de dados de falhas de componentes aeronáuticos pode ajudar os fabricantes a identificar os itens críticos e propor modificações, concluiu Raimundo Paulo (2007) em seu trabalho.

Alguns exemplos de afixação de etiquetas RFID em componentes aeronáuticos podem ser encontrados na Figura 4.

**Figura 4:** Exemplos de Etiquetas RFID Afixadas em Componentes Aeronáuticos (Raimundo Paulo, 2007).

3.2 Botões de memória (contact memory buttons)

Watt e Smith (1997) explicam que os CMB foram desenvolvidos inicialmente por três empresas a saber, Dallas Semiconductor, MacSema e Valgay, cujos produtos compartilham algumas de suas características gerais. Os módulos das memórias consistem num *chip* semiconductor instalado num alojamento similar a uma bateria de relógio, conforme apresentado na Figura 5. A memória é acessada pelo toque de um dispositivo leitura/registo no alojamento do *chip* exemplificado na Figura 6.



Figura 5: CMB (Csorba, 2002).



Figura 6: Modo de Leitura (Csorba, 2002)

Os CMB armazenam dados numa escala muito superior à capacidade de armazenagem das etiquetas RFID. A sua capacidade de armazenamento aumenta de acordo com o seu tamanho, podendo variar de 128 bytes a 4 Gigabytes, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Especificações dos CMB (Macsema, 2015).

Especificações dos CMB			
Especificações	Micro 	Mini 	Mega 
Tamanho de memória (Bytes)	4 Kb, 8 Kb	128 b, 64 Kb	8 Mb, 4 Gb
Peso (g)	0,17 g	0,77 g	5,0 g
Altura (mm)	2,11 mm	2,8 mm	5,1 mm
Diâmetro (mm)	7,56 mm	14,3 mm	28,6 mm

Os CMB podem armazenar não somente dados, como também imagens e vídeos. Esta condição torna esta tecnologia muito eficaz para a manutenção de itens aeronáuticos que demandam o monitoramento da sua condição de operação, tais como em monitoramento de evolução de trincas, marcas de impacto, erosão, dentre outros.

Os CMB são certificados pela FAA (Federal Aviation Administration), DoD (US Department of Defense) para a norma MIL-STD 810 G (Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests), e OTAN (North Atlantic Treaty Organization). Os CMB são mais resistentes a temperaturas extremas e intempéries. Watt e Smith (1997) ressaltam na descrição da tecnologia que apesar da sua maior robustez, quando comparado às etiquetas RFID (maior tolerância a temperaturas extremas e intempéries), a necessidade de contato para a leitura ou registro de dados pode limitar a sua aplicação em áreas confinadas e o preço muito mais caro.

Alguns exemplos de instalação de CMB em componentes aeronáuticos são disponibilizados na Figura 7.



Figura 7: Exemplos de Instalação de CMB em Componentes Aeronáuticos (Kumar & Coop, 2012).

4 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS E UTILIZAÇÃO

A análise das características das etiquetas RFID e CMB mostra pontos positivos e negativos que são relevantes para a tomada de decisão quanto à implementação de um sistema de gestão da manutenção com base nestas tecnologias. A diferença básica entre as etiquetas RFID e os CMB está ligada ao procedimento de leitura e registro dos dados nos respectivos *chips*.

Basicamente, a transferência de dados armazenados nas etiquetas RFID para o leitor de memória ocorre à distância, enquanto a transferência de dados dos CMB ocorre por contato. Após o recebimento destes dados nos leitores, os mesmos podem ser transmitidos para uma base de dados local, e finalmente armazenados em um sistema *Enterprise Resources Planning* (ERP) da empresa. Este esquema está apresentado na Figura 8.

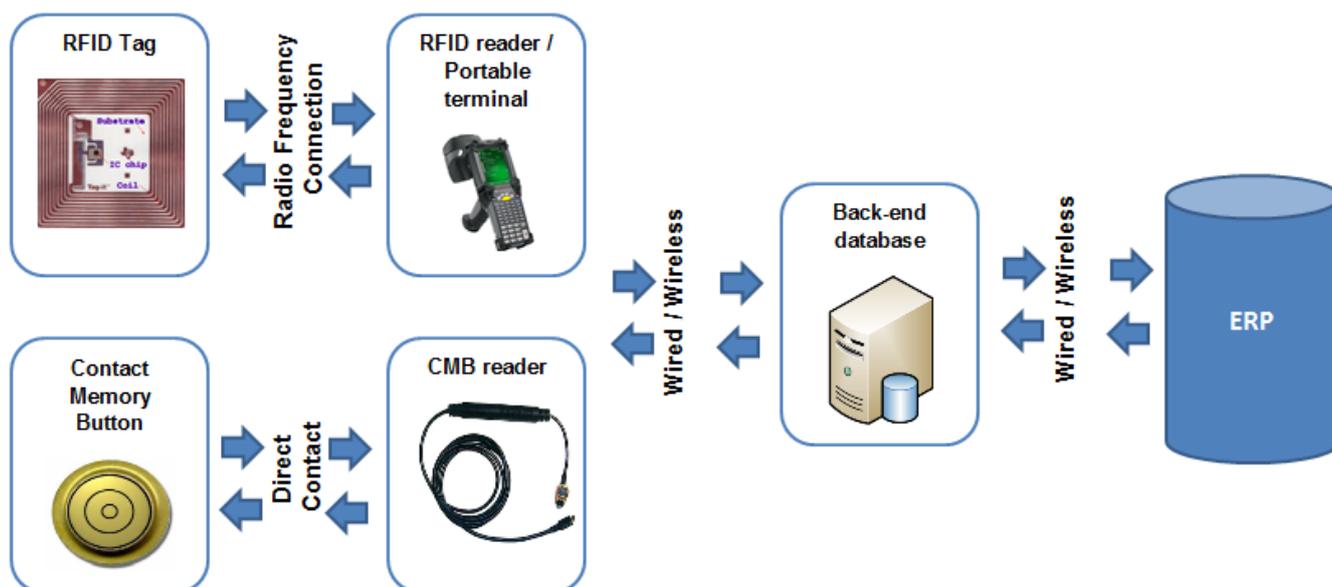


Figura 8: Transferência de Dados (Montagem do autor).

Se por um lado, os dados armazenados numa etiqueta RFID podem ser lidos à distância, por outro, estes dispositivos não são resistentes a temperaturas extremas envolvidas na operação de motores, como mencionado. Enquanto os CMB possuem uma excelente capacidade de armazenagem de dados, a necessidade de transferência de dados por contato limita a extensão de componentes a serem identificados por este dispositivo.

Ambas as tecnologias são compatíveis e se utilizadas de forma integrada podem oferecer uma solução mais abrangente para o gerenciamento dos itens aeronáuticos controlados.

Neste sentido, pode-se destacar o projeto *RFID Integration Solutions System*, iniciado pela Boeing e Fujitsu em 2012. Neste projeto são utilizadas as etiquetas RFID e os CMB de forma combinada com o objetivo de melhorar a eficiência da manutenção das aeronaves por meio da redução dos custos operacionais ligados a atividades de mão de obra intensiva.

Coop (2014) considera que a tecnologia de identificação automática é escolhida – basicamente, de acordo com o tipo de item a ser identificado; as etiquetas RFID são empregadas nos itens que apenas precisam ser checados se estão presentes ou não (e.g., itens de cabine, itens de emergência da aeronave), e os CMB empregados em itens que necessitam de informações mais detalhadas tais como histórico de manutenção (itens reparáveis, áreas de inspeção estrutural da aeronave).

Um dos benefícios do uso destas tecnologias na manutenção aeronáutica pode ser observado dentro do programa *RFID Integration Solutions System* supracitado. A Figura 9 apresenta, em termos comparativos, uma redução significativa no tempo de realização de uma das tarefas de inspeção da aeronave Boeing 777.

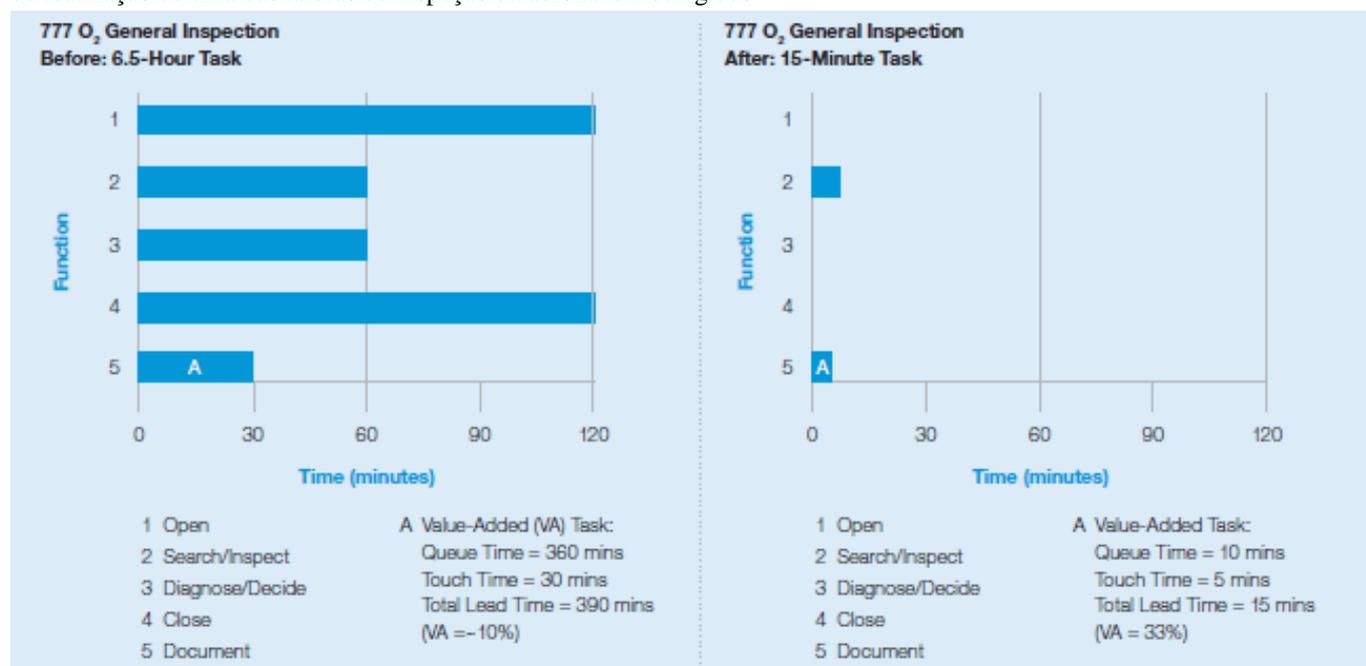


Figura 9: Redução do Tempo de Inspeção com o Uso de Tecnologias de Identificação Automática (Coop, 2014).

Craik (2007) ressalta que outro benefício diretamente ligado ao tempo de execução de tarefas de manutenção pode ser observado na realização do inventário de aeronaves. A marinha norte-americana (US NAVY) reportou uma redução de tempo para realizar um inventário de uma aeronave de três dias para quatro horas.

5 SÍNTESE

O modal aéreo tem se destacado pelo elevado nível de segurança em sua operacionalidade. Simultaneamente, a intensa competitividade do mercado praticamente obriga as empresas a unir diminuição de custos com segurança de voo.

A implantação da rastreabilidade digital representa um grande diferencial na celeridade da manutenção e na diminuição do tempo da aeronave em solo, buscando uma maior confiabilidade e segurança.

Com a implantação da rastreabilidade digital nos componentes aeronáuticos busca-se uma atuação sistemática e não apenas em nível de ferramental utilizados, representando uma maior segurança com uma maior disponibilidade da frota.

Por se tratar de uma tecnologia nova, ainda em implantação, estudos futuros devem verificar se o objetivo pretendido foi alcançado em sua plenitude.

Foram encontradas evidências dos benefícios da utilização das tecnologias de etiquetas RFID e CMB na melhoria da eficiência da manutenção aeronáutica no que se refere à redução dos tempos de inspeção, basicamente ligados a tarefas com mão de obra intensiva.

Após todas as análises e discussões realizadas, conclui-se que, estes componentes são extremamente importantes para a rastreabilidade de componentes e eficácia da manutenção.

Fica evidente também que a implementação dessas tecnologias de identificação pode ainda trazer benefícios em outras áreas ligadas à manutenção aeronáutica como na redução de inventários, na melhoria do acesso aos históricos de manutenção (casos de extravio de documentação), e nas análises de confiabilidade da frota.

A utilização destas tecnologias contribui para uma maior celeridade das investigações de incidentes e acidentes aeronáuticos, uma vez que a consulta ao histórico de componentes instalados pode ser, por vezes, realizada no local do acidente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (Cenipa). **FCA 58-1: Panorama estatístico da aviação civil brasileira**. Brasília, 2014
- CHANG, Y.s et al. **Development of RFID Enabled Aircraft Maintenance**. Korea: School Of Air Transport, Transportation & Logistics, Aviation University. 2006.
- COOP, Phil. RFID Integrated Solution System Optimizes Maintenance Efficiency. **Aero Magazine**, [S.l.], p.05-09, 01 dez. 2014. Quadrimestral. Disponível em: <www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012_q1/2>. Acesso em: 02 dez. 2014.
- CRAIK, R. **Future Inspection and Maintenance Improvements** (2007). Disponível em: <<http://www.aviation.ca/200711215127/featured/aviation-articles/general-interest/5127-future-inspection-and-maintenance-improvements>>. Acesso em: 21 nov. 2007.
- CSORBA, R. **An Analysis of Serial Number Tracking Automatic Identification Technology as Used in Naval Aviation Program**. Califórnia (EUA): Naval Postgraduate School Master's Thesis, 2002.
- GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas. 1991.
- HOLLOWAY, Simon. **Potential of RFID in the Aerospace and Defense Market**. 2006. Disponível em: <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa479351.aspx>>. Acesso em: 22 jan. 2014.
- JESUZ, K. **Manutenção Básica para Pilotos no Helicóptero Robinson, Tipo R22, Modelo Beta II**. 2015. Dissertação – Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, 2015.
- KAPOOR, K. et al. **Strategy for the Development of a Web-Based Tool to Reduce Aviation Maintenance Errors**. Human Computer Systems Laboratory, Clemson University Clemson, South Carolina. 2005. Disponível em: <http://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/human_factors_maintenance/hfes-final_394.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.
- KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 2 ed. 3 reimp. Rio de Janeiro: Qualitymark. 2006.
- KUMAR, Anil; COOP, Phil. **RFID Applications in Improving Quality, Productivity and Maintainability**. Geneva, Boeing, 2012. p.01-23. Disponível em: <www.iata.org/whatwedo/workgroups/Documents/PaperlessSupplyChain/Boeing-App-Improving-Qlity.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2015.
- PRODUCT Catalog. [20--?]. Disponível em: <www.macsema.com>. Acesso em: 05 jan. 2015.
- RAIMUNDO, P.J.A. 2007. **RFID Technology Application in the Aviation Industry**. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Aeronáutica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2007.
- RANKIN, W.I; ALLEN, J.P. Key Word Subject Index. In: HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY ANNUAL MEETING. **Proceedings...** [s.l.], v. 38, n. 19, p.1351-1382, out. 1994. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/154193129403801922>. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/154193129403801922>>. Acesso em: 05 fev. 2015.
- RFSense (Brasil). **Benefícios do RFID no controle de ferramentas**. [20--?]. Disponível em: <rfsense.com.br/embraer.html>. Acesso em: 15 jan. 2015.
- ROZHDESTVENSKIY, D. **Product Tracking and Direct Parts Marking System Optimization**. Tese - The Concordia Institute for Information Systems Engineering, Concordia University, Montreal, Quebec, Canadá, 2010.
- SILVA, E.L; MENEZES, E.M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC. 2005.
- TECHNIQUE DE L'INGENIEUR. [20--?]. Disponível em: <http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/high-tech-thematique_193/complement-ou-alternative-a-la-rfid-le-bouton-a-memoire-cmb-article_7057/>. Acesso em: 15 dez. 2014.
- WATT, David; SMITH, M.; DAVID, P. **An Analysis Of Automatic Identification Technology Applications**. 1997. 113 f. Tese (Doutorado em Master Of Science In Management) - Naval Postgraduate School, California (EUA), 1997.