



**ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1/2023**

**EMERSON LOPES DA SILVA, Cap Esp Com**

**Uso da manutenção preditiva no SISCEAB**

Rio de Janeiro  
2023

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1/2023

**EMERSON LOPES DA SILVA, Cap Esp Com**

**Uso da manutenção preditiva no SISCEAB**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação Lato Sensu em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Gestão Institucional

Orientador: Raphael Osório de Oliveira, Maj Av

Rio de Janeiro

2023

**EMERSON LOPES DA SILVA, Cap Esp Com**

**Uso da manutenção preditiva no SISCEAB**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da  
Aeronáutica.

Aprovado por:

---

**Raphael Osório** de Oliveira, Maj Av  
EAOAR

---

**Isabel** Corrêa da Costa Milleski, Maj Dent  
EAOAR

Rio de Janeiro

2023

## RESUMO

O DECEA para cumprir sua missão dispõe de modernos sistemas e equipamentos de apoio ao homem. Nesse cenário, a manutenção assume papel relevante para mantê-los funcionando satisfatoriamente. Anualmente, mais de 150 milhões de reais são gastos com a manutenção no SISCEAB. Qualquer indisponibilidade de um dos principais equipamentos ou sistemas impacta a operação e afeta a segurança operacional. Surge, então, um desafio para a gestão de manutenção: possuir uma estratégia de manutenção que mantenha a disponibilidade de todos os seus ativos (equipamentos e sistemas) a um baixo custo. Atualmente, as manutenções praticadas no SISCEAB são focadas nas manutenções preventivas e corretivas em detrimento da manutenção preditiva. Nesse contexto, defende-se que o uso da manutenção preditiva aumentará a eficiência da manutenção no SISCEAB. Para isso, dois fundamentos serão utilizados. O primeiro mostrará que a manutenção preditiva aumentará os índices de disponibilidade, alicerçado no fato de que esse tipo de manutenção atua antes da degradação do componente, evitando a sua inatividade. O segundo mostrará que a manutenção preditiva diminuirá os gastos, visto que haverá economia de material e a quantidade de manutenções corretivas reduzirá. Tendo em visto que o SISCEAB apoia a aviação civil e militar, a consolidação do uso da manutenção preditiva contribuirá para maior fluidez e segurança da aviação em geral. Aliado a isso, poderá se estender a outros setores do COMAER, como a aviação, onde a disponibilidade é relevante e os custos com a manutenção são altos.

**Palavras-chave:** SISCEAB. Manutenção Preditiva. Eficiência. Disponibilidade. Redução de Custos.

## 1 INTRODUÇÃO

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) para cumprir a sua missão e ser reconhecido como referência global no controle do espaço aéreo dispõe de uma infraestrutura robusta, com modernos sistemas e equipamentos, e profissionais altamente qualificados. Nesse tipo de atividade, a segurança operacional é a alma do “negócio”. A prestação de um serviço contínuo, com segurança e fluidez, requer, além do elemento humano, uma logística apropriada, capaz de fornecer os meios necessários para que o trabalho seja executado com eficiência.

Nesse cenário, a logística de manutenção tem uma função estratégica significativa visto que poderá afetar frontalmente a disponibilidade dos meios de apoio ao homem. O DECEA como órgão central do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) tem investido alto na modernização e implantação de novos sistemas e equipamentos. E para manter o funcionamento pleno de seus ativos, a manutenção assume papel fundamental.

Atualmente as manutenções praticadas no âmbito do SISCEAB são focadas nas manutenções preventivas e corretivas. As manutenções preventivas são realizadas em intervalos periódicos com o objetivo de reduzir a probabilidade de falhas ou degradação de seus ativos. Já as manutenções corretivas ocorrem para reparar falhas nos equipamentos ou sistemas danificados que normalmente causam alguma perda da eficiência na operação (BRASIL, 2018).

Além destas, destaca-se a manutenção preditiva que se baseia no monitoramento contínuo do estado de um ativo a fim de prever falhas. A intervenção ocorre quando determinados indicadores de desempenho alteram ou apontam para indícios de falhas futuras.

No entanto, as manutenções preventivas e corretivas possuem algumas desvantagens, entre as quais se destaca o alto custo para o DECEA. As inoperâncias totais afetam a disponibilidade dos seus ativos, uma vez que inviabilizam operacionalmente o serviço ou a informação para o usuário e impacta a segurança operacional.

Nesse contexto, a manutenção preditiva surge como uma solução para compensar as desvantagens das manutenções preventivas e corretivas acima elencadas.

Sendo assim, este ensaio defende que o uso do modelo de manutenção preditiva aumentará a eficiência da manutenção no SISCEAB. Inicialmente, será mostrado que a manutenção preditiva aumentará os índices de disponibilidade alicerçada no fato de que esse tipo de manutenção atua em momento anterior à degradação do componente. Na sequência, será demonstrado que a manutenção preditiva reduzirá gastos com a manutenção, tendo em vista que haverá economia de material e a quantidade de manutenções corretivas diminuirá.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

Para que controladores e pilotos exerçam suas funções com segurança e eficiência, há necessidade que os sistemas e equipamentos que apoiam o controle e a navegação aérea estejam disponíveis e funcionando satisfatoriamente. Qualquer indisponibilidade de um de seus principais ativos causa impacto para a operação, além de afetar o nível de segurança operacional. De acordo com dados extraídos do Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços (SILOMS) da Força Aérea Brasileira, o SISCEAB tem aproximadamente 7.108 ativos. É razoável considerar que são altos os custos associados às atividades de manutenção para manter essa gama de ativos em pleno funcionamento.

Surge, portanto, um desafio para a gestão de manutenção do SISCEAB: dispor de uma estratégia de manutenção eficiente de tal maneira que mantenha a disponibilidade de todos os seus ativos a um baixo custo.

Uma estratégia de manutenção eficiente consiste em reparar os ativos tão rápido quanto possível e mantê-los funcionando por mais tempo a custos reduzidos. Tal afirmativa está alinhada com o conceito de eficiência na Administração Pública, pois, ser eficiente quer dizer fazer mais com menos recursos (SANO e MONTENEGRO FILHO, 2013).

Diante desse cenário, a manutenção preditiva se apresenta como uma solução que atenderá a essa necessidade por se tratar de um modelo inovador capaz de aumentar a disponibilidade dos ativos e reduzir custos.

## 2.1 A Manutenção Preditiva Aumenta os Índices de Disponibilidade

A manutenção preditiva tem o objetivo de prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas por meio do acompanhamento de diversos parâmetros, permitindo a operação contínua do ativo pelo maior tempo possível (KARDEC e NASCIF, 2009). Como o próprio nome sugere, a manutenção preditiva prevê falhas e a intervenção é realizada antes do componente falhar.

A técnica preditiva baseia-se no monitoramento contínuo da integridade de um ativo para fins de diagnósticos e prognósticos que permitirão determinar quando as ações de manutenção são necessárias.

No SISCEAB, sistemas de comunicação, navegação e vigilância são monitoráveis. Essa condição poderá viabilizar o uso da manutenção preditiva. No entanto, o modelo preditivo não pode ser aplicado a todos os equipamentos, visto que nem todos possuem ou não permitem monitoração, ou porque o custo para monitorá-lo é inviável.

Entre os fatores que indicam a adoção de política preditiva, encontra-se o de manter os equipamentos operando, de modo seguro, por mais tempo (KARDEC e NASCIF, 2009). Analisando essa afirmativa, percebe-se que o modelo preditivo é recomendado em cenários onde o acréscimo de tempo de funcionamento do item é requerido. Sendo assim, a tendência será uma diminuição de avarias, resultando num aumento de disponibilidade.

Os índices de disponibilidades dos ativos do SISCEAB são relevantes, pois o funcionamento contínuo dos equipamentos e sistemas contribuem para a segurança operacional dos seus usuários. Pela sua importância, esses índices são acompanhados continuamente pelos órgãos responsáveis pela manutenção para que sejam mantidos a níveis aceitáveis.

A Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT) conceitua a disponibilidade como sendo “a capacidade de um equipamento ou sistema estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado” (NBR 5462, 1994, p. 2). Logo, disponibilidade é o valor percentual em que o equipamento ou sistema esteve disponível em um determinado período.

Ao analisar o conceito, observar-se que a disponibilidade pode ser afetada diretamente pelas inoperâncias totais ou pelas manutenções que de alguma forma tornam o equipamento ou sistema inoperante. Ou seja, quanto maior o tempo de

inatividade do item, quer seja decorrente de manutenção preventiva ou corretiva (inoperância), a disponibilidade diminui. Portanto, é desejável que o tempo relativo às inoperâncias e às manutenções que gerem inatividade dos ativos sejam o menor possível para que o índice de disponibilidade aumente.

Nesse contexto, o modelo preditivo compensará o seu uso, visto que diminuirá consideravelmente as manutenções corretivas não planejadas. Ao se evitar a quebra de um componente que poderia causar danos a outras partes do sistema, elimina-se manutenções desnecessárias.

De acordo com Sullivan *et al* (2010), pesquisas anteriores indicam que a manutenção preditiva pode eliminar avarias em um percentual entre 70% e 75%. Então, se há uma tendência de diminuição de avarias, conseqüentemente, as manutenções corretivas também reduzirão.

Segundo Carvalho *et al* (2019), a integração de técnica preditiva com as mais recentes tecnologias de sensores evita a substituição desnecessária de equipamentos e melhora a disponibilidade. Sakib e Wuest (2018) também concordam nesse ponto ao afirmarem que a manutenção preditiva aumenta a disponibilidade.

Dessa forma, infere-se que a ênfase na manutenção preditiva reduzirá as manutenções corretivas no SISCEAB, elevando os índices de disponibilidade, pois atua de forma a evitar a inatividade dos equipamentos, aproveitando ao máximo o tempo de operação do ativo.

## **2.2 A Manutenção Preditiva Reduz Custos**

Os dois tipos de manutenções mais utilizadas no SISCEAB são as manutenções corretivas e preventivas. Em 2022, para se realizar as manutenções preventivas, foram gastos só com diárias em torno de 4,7 milhões de reais, conforme dados coletados do SILOMS. Incluindo aquisição de material, contrato de suporte logístico, entre outras despesas, são gastos anualmente mais de 150 milhões de reais com a manutenção para manter disponível a maioria dos aproximadamente 7.108 ativos do SISCEAB. Dessa forma, há de se considerar que os valores gastos com manutenção são altos, portanto, uma estratégia de manutenção eficiente poderá reduzir custos.

A manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de uma avaria, destinada a recolocar um equipamento ou sistema em condições de executar uma função

requerida (ABNT, 1994). Esse tipo de manutenção costuma ser oneroso, pois envolve mão de obra direta, perda do serviço ou produção e muitas vezes requer a substituição de peças. Os custos envolvendo esse tipo de manutenção podem se tornar mais elevados quando a avaria de um item danifica outros de um mesmo sistema.

A manutenção preventiva é realizada em intervalos predeterminados destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um equipamento ou sistema (ABNT, 1994). Essa técnica consiste em substituir preventivamente o item antes que falhe. Uma desvantagem desse tipo de manutenção é que não se utiliza a totalidade de vida útil dos itens, ou seja, são substituídos com algum tempo de sobrevida, demandando necessidade de aquisição de sobressalentes.

Vale destacar que os custos de manutenção em geral não se limitam apenas a gastos com mão de obra, mas incluem gastos com serviços terceirizados (contrato de suporte logístico, por exemplo) e estoque de peças sobressalentes.

Na história da indústria, as desvantagens envolvendo os modelos de manutenção corretiva e preventiva, das quais destaca-se o elevado custo, aliada à evolução tecnológica, levaram ao surgimento da manutenção preditiva.

Jimenez, Bouhmala e Gausdal (2020) citam em seu artigo que a redução de custos operacionais é uma das vantagens mais atraentes para a utilização da manutenção preditiva.

No âmbito do SISCEAB, conforme abordado anteriormente, os custos são elevados para manter a grande parte de seus ativos em pleno funcionamento. Esses gastos envolvem diárias e ajudas de custo, capacitação, aquisição de materiais sobressalentes e contratação de suporte logístico.

Nesse contexto, a manutenção preditiva aparece como uma opção para a economia de recursos, uma vez que reduzirá as manutenções corretivas, com isso, haverá redução de gastos com mão de obra (diárias e ajudas de custos) e economia de material ao se aproveitar melhor a vida útil do ativo.

Segundo Carvalho *et al* (2019), as vantagens da manutenção preditiva incluem diminuir as atividades de manutenção e reduzir os custos de materiais e mão de obra. Para reforçar essa afirmativa, Es-Sakali (2022) informa em seu artigo que a manutenção preditiva pode diminuir o custo de manutenção em uma taxa que varia de 25% a 35%.

Desse modo, confirma-se que a ênfase na manutenção preditiva no SISCEAB reduzirá as manutenções corretivas e aproveitará melhor a vida útil dos equipamentos, resultando em menos gastos com manutenções desnecessárias e material.

### **3 CONCLUSÃO**

O DECEA para cumprir a sua missão e ser reconhecido internacionalmente como referência global no controle do espaço aéreo, necessita de homens capacitados e uma infraestrutura de apoio adequada. Para que o controlador realize o gerenciamento e controle do espaço aéreo com segurança, fluidez e eficiência, há necessidade que máquinas, equipamentos e sistemas estejam disponíveis e funcionando satisfatoriamente. Nesse cenário, a manutenção assume papel relevante, cuja função é manter o parque de ativos funcionando adequadamente.

Os custos associados à manutenção para manter disponíveis os 7.108 ativos do SISCEAB são altos. Ademais, qualquer indisponibilidade de um dos seus principais ativos impacta na operação e afeta o nível de segurança operacional.

Atualmente as manutenções praticadas no âmbito do SISCEAB são focadas nas manutenções preventivas e corretivas. Nesse contexto, apresentou-se dois argumentos para defender que o uso da manutenção preditiva elevará a eficiência da manutenção no SISCEAB. No primeiro, foi abordado que a ênfase na manutenção preditiva elevará os índices de disponibilidade dos ativos, pois, através de técnicas preditivas, atua de forma a evitar a inatividade dos equipamentos ou sistemas, aproveitando ao máximo o tempo de operação. No segundo, foi discorrido que o foco na manutenção preditiva reduzirá as manutenções corretivas e aproveitará melhor a vida útil dos itens, conseqüentemente, menos gastos com manutenções desnecessárias e material.

Finalmente, o modelo preditivo poderá se estender a outros seguimentos do COMAER, como a aviação, onde os custos com manutenção são elevados e a disponibilidade é fator importante. Além disso, os benefícios se estenderão aos usuários do transporte aéreo em geral, tendo em vista que, se consolidado o seu uso, contribuirá para maior fluidez e segurança da aviação.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 2188/DGCEA, de 3 de outubro de 2018. Aprova a edição da DCA 66-1, que direciona a atividade de manutenção no Sistema de Controle do Espaço Aéreo. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 180, f. 11291, 15 out. 2018.

CARVALHO, T. P. et al. A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. **Computers & Industrial Engineering**, 106024. Doi: 10.1016/j.cie.2019.106024. v. 137, 2019.

ES-SAKALI, N. et al. Review of predictive maintenance algorithms applied to HVAC systems. Doi: 10.1016/j.egy.2022.07.130. **Energy Reports**. v. 8, n. 9, p. 1003-1012, 2022.

JIMENEZ, V. J.; BOUHMALA, N., & GAUSDAL, A. H. Developing a predictive maintenance model for vessel machinery. **Journal of Ocean Engineering and Science**. Doi: 10.1016/j.joes.2020.03.003. v. 5, n. 4, p. 358-386, 2020.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009.

SAKIB, N.; WUEST, T. Challenges and Opportunities of Condition-Based Predictive Maintenance: A Review. Doi: 10.1016/j.procir.2018.08.318. **Procedia CIRP**. v. 78, p. 267-272, 2018.

SANO, H.; MONTENEGRO FILHO, M. J. F. As técnicas de avaliação da eficiência, eficácia e efetividade na gestão pública e sua relevância para o desenvolvimento social e das ações públicas. **Desenvolvimento em Questão**, [S. l.], v. 11, n. 22, p. 35–61, 2013.

SULLIVAN, G. et al (2010). **Operations & Maintenance Best Practices - A Guide to Achieving Operational Efficiency (Release 3)**. United States. Disponível em: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1034595>. Acesso em: 09 mar. 2023.