

PROPOSTA DE SISTEMA ESPECIALISTA PARA CÁLCULO DA CONFIABILIDADE DE SISTEMAS AERONÁUTICOS (01)

**Amaury A. Xavier Filho (02)
Irany de Andrade Azevedo (03)**

SUMÁRIO

Inicialmente são apresentadas as formas atualmente em uso do relatório de confiabilidade, da sistemática de coleta de dados e dos procedimentos e informações usados na análise dos dados, bem como são identificados os problemas e dificuldades encontrados.

São examinados métodos usados em outras empresas aeronáuticas e apresentados os conceitos básicos de Inteligência Artificial, de Sistemas Especialistas e de Crescimento da Confiabilidade essenciais ao entendimento da proposta.

Alternativas aplicáveis à realidade brasileira e algumas regras heurísticas de auxílio à decisão são apresentadas.

Uma proposta de solução usando as ferramentas discutidas é apresentada e analisada.

(01) Contribuição técnica a ser apresentada no I ENCONTRO DA QUALIDADE TOTAL NAS INDÚSTRIAS DE ALTA TECNOLOGIA E CENTROS DE PESQUISA - 23 A 25 de novembro de 1993 em São José dos Campos, SP.

(02) Engenheiro de Manutenção Aeronáutica, Divisão de Assistência Técnica, EMBRAER - Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A., São José dos Campos, SP

(03) Professor Titular, EFEI - Escola Federal de Engenharia de Itajubá, MG e Pesquisador Visitante, ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP.

1. INTRODUÇÃO

A grande quantidade de informações geradas durante a operação de uma aeronave deve ser criteriosamente analisada para se elaborar um relatório de confiabilidade, gerando a *necessidade* de se otimizar o procedimento adotado para sua elaboração, através da melhoria da interpretação de uma quantidade crescente de dados (e informações) que devem ser "digeridos" num período de tempo menor e com menor custo. (figura 1)

Três são os objetivos deste trabalho:

a) demonstrar a aplicabilidade de sistemas especialistas para o cálculo e análise de confiabilidade de sistemas aeronáuticos, visando aprimorar a elaboração dos relatórios atuais de confiabilidade das aeronaves militares produzidas pela EMBRAER.

b) abordar aspectos da confiabilidade, que é o método usado para se estudar a probabilidade de um produto operar com sucesso por determinado período de tempo, visando a melhoria do produto bem como a comprovação de sua conformidade com os requisitos de especificação, e

c) sugerir a utilização de sistemas especialistas, que é um método para se resolver problemas em uma certa área do conhecimento (domínio), visando divulgar suas potencialidades como ferramenta aos possíveis usuários na solução de problemas de sua especialidade.[1]

2. SITUAÇÃO ATUAL NO PROGRAMA AMX

O programa AMX trouxe para a EMBRAER uma nova filosofia em termos de desenvolvimento, produção e suporte ao produto. Isto porque todo o seu ciclo de vida requer uma vasta documentação padronizada entre as empresas associadas (EMBRAER, ALENIA e AERMACCHI). Especificamente na área de suporte ao produto, a documentação gerada refere-se a documentos de modificação, controle de configuração, peças de reposição, publicações, relatórios de confiabilidade, etc. Neste ensaio é focalizada, exclusivamente, a *análise de confiabilidade*. (figura 2)

O estudo de confiabilidade pode ser aplicado tanto na fase de desenvolvimento como na fase de suporte ao produto. No primeiro caso, este estudo visa estimar o valor de confiabilidade a ser atingido. No segundo caso, o estudo visa comprovar que os objetivos de projeto foram atingidos. Em ambos os casos, o objetivo comum é o aumento da *competitividade* e da *qualidade* através da melhoria do produto.

O AMX está em fase operacional, com 23 aeronaves entregues à Força Aérea Brasileira (FAB) e cerca de 72 entregues à Aeronáutica Militar Italiana (AMI), segundo dados de setembro de 1993. O programa prevê ainda a entrega de mais 56 aviões à FAB e 90 à AMI.

Já foram emitidos quatro relatórios de confiabilidade da frota FAB de responsabilidade da EMBRAER, sendo que pelo menos outros três deverão ser emitidos. A elaboração destes relatórios requer a análise de uma grande quantidade de informações, provenientes de diversas fontes.

O "Reliability Trend Analysis Report - RTAR" é elaborado a partir das seguintes fontes:(figura 3)

2.1 dados de defeitos, obtidos através dos Formulários de Coleta de Dados de Defeitos (FCDD) preenchidos pelo pessoal operacional da FAB.

2.2 dados de projeto, obtidos a partir do relatório de previsão de confiabilidade. Este relatório fornece os valores estimados de confiabilidade de cada componente, subsistemas e sistemas da aeronave.

2.3 decomposição funcional do avião, obtida a partir do documento de projeto "Equipment List" e do manual "Work Unit Codes (WUC)" que associa um código a cada componente.

2.4 dados de laboratório, através de uma lista de equipamentos que foram enviados à empresa para execução de testes "go-no-go" e/ou enviados para reparo. Esta lista fornece a confirmação (ou não) da pane de um dado equipamento.

2.5 análise dos especialistas, que classificam os FCDDs quanto à causa, ao tipo e à consequência dos defeitos.

2.6 dados de operação, relacionados ao total de horas de operação da frota, totais de pousos, total de aeronaves e disponibilidade.

As informações citadas estão armazenadas em bancos de dados diferentes que são consultados de forma a possibilitar o processamento do relatório. Os bancos de dados não estão integrados nem padronizados, o que dificulta a análise e conseqüentemente torna o trabalho mais demorado e sujeito a erros. Além disso, somente algumas funções de pesquisa estão automatizadas, como por exemplo a busca e impressão dos FCDDs e alguns programas de contagem de defeitos.

3. UTILIZAÇÃO DO FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS DE DEFEITOS (FCDD) E ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO DE CONFIABILIDADE

O processo atualmente utilizado consta das seguintes etapas: (fig.4)

3.1 ocorrendo uma tarefa de manutenção é emitido o FCDD que fornece (ou deveria fornecer) os seguintes dados:

- .número do FCDD
- .matrícula da aeronave
- .dados de operação (horas de vôo, pousos)
- .dados da missão (tipo, configuração da aeronave, fase da missão na qual ocorreu a pane, atitude velocidade, etc.)
- .comentários do piloto e do especialista em manutenção
- .identificação do componente em pane (part number, número de série, WUC)
- .códigos ("how malfunction", "when discovered", "action taken", zona, tipo de defeito, categoria)
- .data e responsável

3.2 a FAB envia mensalmente um disquete que contém os FCDDs do período no formato de banco de dados.

3.3 os FCDDs são impressos e distribuídos entre os especialistas.

3.4 os especialistas do grupo de engenharia de suporte analisam e classificam cada FCDD quanto à causa, ao tipo e à consequência da pane.

3.4.1 nesta fase é consultada a lista de laboratório a fim de confirmar ou não a ocorrência da pane. Observação: nem sempre o laboratório tem condições de confirmar a pane, isto porque geralmente não é possível reproduzir as condições exatas de operação em que ocorreu o problema.

3.5 a classificação é cadastrada no banco de dados de FCDDs.

3.5.1 a partir das classificações é gerada a "Significant Problem List - SPL" que servirá como base para a elaboração de outro documento, o "Problem Analysis Document - PAD" onde são analisados os componentes mais problemáticos do avião.

3.6 são processados os programas de contagem, que geram as seguintes informações:

- .total de FCDDs acumulados
- .total de defeitos confirmados
- .total de defeitos acumulados por sistemas (aviônico, hidráulico, trem de pouso, motor, etc.)
- .total de defeitos acumulados por componentes (WUCs)
- .total de defeitos acumulados por sistemas e por mês

- .total de defeitos acumulados por componentes e por mês
- .total de horas acumuladas de operação da frota por mês

3.7 o especialista em confiabilidade insere estes dados manualmente em planilhas de cálculo geradas para cada componente e para cada sistema. As planilhas calculam, a partir dos dados de horas e defeitos acumulados, as taxas de falhas reais, as curvas de regressão e a projeção das taxas de falhas. A projeção é calculada tomando-se como base a teoria do crescimento de confiabilidade de Duane. [2, 3, 4, 5].

3.8 os valores obtidos nas planilhas são passados para um software gráfico que gerará os gráficos, em escala log-log, que representam a tendência de confiabilidade. O eixo X apresenta o tempo acumulado de operação e o eixo Y apresenta a taxa de falhas. Veja anexo C.

3.8.1 os gráficos log-log são apresentados de forma normalizada, isto é, na verdade apresenta-se a taxa de falhas real dividida pela taxa de falhas prevista em projeto. Deste modo o resultado "ideal" será aquele que apresentar uma tendência decrescente e abaixo ou em torno de um (01).

3.8.2 para cada sistema é gerado um gráfico comparativo dos "mean time between failures - MTBF" dos seus componentes, bem como um gráfico comparativo dos MTBFs de cada sistema.

3.9 a partir destes gráficos são elaborados os comentários e conclusões quanto ao comportamento de cada componente e cada sistema da aeronave.

3.10 a compilação dos gráficos e comentários forma o "Reliability Trend Analysis Report - RTAR". Este documento é apresentado às forças aéreas (Força Aérea Brasileira - FAB, Aeronautica Militare Italiana - AMI) e ao departamento técnico da EMBRAER.

4. PROBLEMAS ENCONTRADOS NA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO

O processamento atual apresenta as seguintes desvantagens:

4.1 os bancos de dados não são padronizados.

4.2 as informações fornecidas nos FCDDs são, muitas vezes, incompletas e/ou incorretas.

4.3 as classificações feitas pelos especialistas, apesar de seguirem uma tabela pré-determinada, são, em vários casos, conflitantes, isto é, dependem do ponto de vista de cada um. Apesar de já terem ocorrido várias discussões sobre o assunto, até hoje não foi possível se chegar a um consenso. Também é necessária uma padronização de conceitos entre os especialistas.

4.4 os dados de laboratório não são completamente confiáveis devido ao motivo exposto em 3.4.1.

4.5 o processamento das planilhas de cálculo e geração de gráficos é lenta por ser, em boa parte, manual.

4.6 o conjunto de gráficos deve ser analisado cuidadosamente para não se chegar à uma visão distorcida da realidade.

4.7 o "hardware" existente já está se tornando um fator limitante, principalmente quanto a capacidade de armazenar e processar os dados de maneira rápida e confiável. Com certeza este problema será agravado com o crescimento da frota e consequente aumento do número de problemas reportados.

5. CRESCIMENTO DE CONFIABILIDADE

A análise da tendência da confiabilidade proposta por Duane [2] seguida na elaboração do RTAR, consiste basicamente dos seguintes passos:

- a. estabelecer os objetivos de projeto (confiabilidade prevista).
- b. a partir dos dados reais, plotar a taxa de falhas cumulativa (normalizada, dividindo-a pelo objetivo) versus o total de horas de operação acumuladas até a data.
- c. é possível acompanhar o crescimento observando-se se os dados plotados (taxa de falhas cumulativa) localizam-se sobre ou abaixo da linha "objetivo" pré-determinada. Os dados situados acima da linha indicam a necessidade de ações corretivas específicas além das medidas corretivas usuais. Observação: no caso do RTAR são encontrados vários componentes que estão nesta situação, alguns deles com valores 10 a 100 vezes piores do que o esperado. Disto decorrem duas hipóteses: ou o componente está muito aquém das expectativas ou a estimativa de projeto foi mal elaborada.

Ritchie [2] em trabalho mais recente apresenta resultados práticos obtidos a partir do acompanhamento da confiabilidade de equipamentos eletrônicos usados em aeronaves militares e propõe o *Modelo de Decaimento*, que representa a degradação na confiabilidade de tais equipamentos em contraposição ao modelo de taxa de falhas constante.

Mostra também que o decaimento da confiabilidade é função da aplicação do equipamento e não do equipamento em si. Quanto mais severo o ambiente operacional, maior será o decaimento da confiabilidade. (figura 5)

Frank [4] também baseando-se em experiências práticas com equipamentos aviônicos militares chegou à conclusão de que o modelo de Duane deveria ser revisto pelas razões:

- a) após o fim do esforço de melhoria da confiabilidade dos equipamentos aviônicos, isto é, quando o item já está "maduro", a taxa de falhas não continua constante, pelo contrário, tende a aumentar gradativamente.
- b) a taxa de decaimento segue um padrão simples e previsível que pode ser definida pela mesma equação para o crescimento de confiabilidade.
- c) após a fase madura do equipamento, as melhorias apenas retardarão o decaimento da confiabilidade.
- d) a habilidade em prever as características da confiabilidade melhoram a capacidade de planejar e de fornecer os recursos necessários ao atingimento dos objetivos operacionais.

Gottfried [5], em um outro trabalho, também propõe um modelo diferente do modelo de Duane, o *"Stepwise Duane Growth"*, destacando que o crescimento de confiabilidade em um dado período de tempo ocorre devido a mudanças no projeto ou no processo de fabricação do produto. Segundo ele, a função de crescimento ocorre no domínio do evento (falha) ao invés de ocorrer no domínio do tempo.

6. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Agora serão apresentados alguns conceitos sobre outra área do conhecimento que constitui uma ferramenta muito útil na análise de confiabilidade, entre outras inúmeras aplicações: a *inteligência artificial*.

6.1 A inteligência artificial (IA) [1] é simplesmente uma maneira de fazer o computador pensar inteligentemente. Isto é conseguido estudando-se como as pessoas pensam quando estão tomando

decisões e resolvendo problemas, dividindo esses processos de pensamento em etapas básicas e projetando um programa de computador que solucione problemas usando essas mesmas etapas. A IA fornece um método simples e estruturado de se projetar programas complexos de tomada de decisão.

6.2 A mente humana armazena fatos e regras que servem para se tomar decisões. Exemplo:

Fato: um avião pousa seguro com trem de pouso abaixado.

Regra: SE não abaixar o trem de pouso ENTÃO ocorrerá um incidente (ou acidente).

Decisão: abaixar o trem de pouso ao pousar um avião.

6.3 Outra característica do ser humano é o aprendizado a partir de fatos já conhecidos, isto acontece através dos *mecanismos de inferência*. Exemplo:

1. a bateria faz parte do sistema elétrico do avião.
2. o carregador de bateria alimenta a bateria.

Inferência:

ENTÃO o carregador de bateria faz parte do sistema elétrico.

O mecanismo de inferência completa o processo de pensamento fazendo inferências a partir das regras que foram chamadas pelo mecanismo de poda e gera novos fatos que instantaneamente se tornam parte do depósito de conhecimento.

7. SISTEMAS ESPECIALISTAS

A seguir serão citados alguns conceitos sobre *sistemas especialistas*.

7.1 *Domínios* são as áreas de interesse específico para as quais é possível desenvolver um programa de IA. Por exemplo: análise de confiabilidade, que constitui um domínio que possui informações suficientes que podem ser moldadas em um programa de computador.

7.2 Um sistema de inteligência artificial criado para resolver problemas em um determinado domínio é chamado de *sistema especialista (SE)*. Todo o conhecimento armazenado em um SE é fornecido por pessoas que são especialistas naquele domínio.

7.3 Existem fatos e regras que são conhecidos popularmente, porém existem outros tipos de fatos e regras que são conhecidas apenas por especialistas, estas são as regras *heurísticas*, em outras palavras, são as regras práticas.

Resumindo o que foi apresentado, para se criar um SE, um grupo formado por um especialista e um engenheiro do conhecimento coleta os dados e as regras, heurísticas ou não e os organiza em um programa de *inteligência artificial*.

8. EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL

Após a visão geral apresentada anteriormente será possível, agora, descrever os trabalhos existentes na área de confiabilidade e sistemas especialistas voltados às atividades aeronáuticas.

8.1 *Sistema baseado no conhecimento para análise de confiabilidade*

As técnicas usuais de análise de confiabilidade são demoradas e muitas vezes os resultados só aparecem muito tarde na fase de projeto para que o mesmo possa ser melhorado. Isto ocorre porque o engenheiro de projeto geralmente não está familiarizado com as técnicas de confiabilidade e também porque os métodos tradicionais de análise são lentos.

Elliot da Northrop [6] mostra a aplicação de técnicas de um sistema baseado no conhecimento aplicado a análise de confiabilidade de sistemas aeronáuticos. Tal sistema pode ser usado tanto por engenheiros de projeto como por engenheiros de confiabilidade para melhorar a qualidade (exatidão) da análise de confiabilidade num menor período de tempo. Seu estudo foi feito tomando como base o sistema elétrico de um avião.

O sistema apresentado possui as seguintes características:

- a) armazena a árvore de falhas no *banco de conhecimentos*.
- b) utiliza regras heurísticas para análise de confiabilidade.
- c) tem a capacidade de raciocínio (inferência) a partir do projeto do sistema para melhorar a confiabilidade.
- d) possui acesso rápido ao banco de conhecimentos para extrair informações de análise de confiabilidade.

Tal sistema especialista executa as análises a partir de uma entrada gráfica de dados, isto é, as informações são inseridas no programa a partir do *diagrama de blocos funcional (DBF)* do sistema, o que agiliza o processo. A partir do DBF é criada automaticamente a árvore de falhas que por sua vez é transformada em equações booleanas de onde são obtidos os cálculos de confiabilidade, onde é usado o modelo de distribuição exponencial. Estes resultados são analisados em um programa de análises estatísticas que finalmente geram as recomendações para melhoria do projeto.

O sistema permite ao usuário alterar interativamente o projeto e obter realimentação imediata quanto à confiabilidade do projeto modificado.

Os resultados obtidos pelo programa foram comparados com os obtidos manualmente e revelaram-se mais exatos e mais rápidos. Outra conclusão importante é que o mesmo método automatizado pode ser aplicado a outros sistemas do avião.

8.2 RAMCAD PLUS: A CALS RAMCAD System

Warlick da Lockheed [7] apresenta o sistema especialista *Reliability & Maintainability Computer Aided Design (RAMCAD)* que é utilizado para avaliar as características de suportabilidade de novos projetos. As funções do programa aumentam a suportabilidade de duas maneiras: 1) avaliando a suportabilidade dos desenhos e sugerindo modificações para melhoria do projeto, e 2) fornecendo ao engenheiro interpretações de dados históricos.

Os custos associados ao ciclo de vida e de aquisição de novos *sistemas de armas* são considerados críticos, portanto torna-se necessário um esforço para sua redução. Um programa deste tipo permite reduzir custos desde a fase de projeto à fase de suporte. Este programa integra-se à categoria dos softwares tipo *Computer Aided Logistics Support (CALS)*.

Num mercado aeronáutico competitivo, ganhará aquele que conseguir combinar, pelo menor custo, um projeto que apresente as melhores características de desempenho associadas a melhor *suportabilidade (mantenabilidade e confiabilidade)*.

Este programa também utiliza entradas via CAD, isto é, diretamente do projeto feito com auxílio do computador. Os sistemas são projetados segundo o *breakdown* descrito na forma de *Work Unit Codes (WUCs)*, que facilitam a inserção dos dados em um banco de conhecimentos. O banco de conhecimentos também é alimentado com regras de suportabilidade obtidas a partir do engenheiro de R&M. Estas regras são escritas em *PROLOG* bem como as regras obtidas a partir de dados históricos desenvolvidos em aeronaves militares. Porém o sistema também pode ser utilizado no projeto de aeronaves civis.

Concluindo, o projeto de uma aeronave deve ser feito de forma integrada onde devem ser considerados com o mesmo grau de importância os requisitos de desempenho e de suportabilidade.

8.3 PRAISE: A PC-based Reliability Evaluator

Meyers [8] descreve o programa *Parametric Reliability, Availability, Integrated System Evaluator (PRAISE)* que é um programa baseado em microcomputador que possui um modelo matemático com capacidades gráficas que permitem ao usuário executar avaliações e cálculos de confiabilidade/ disponibilidade de sistemas redundantes e complexos comuns em sistemas aeronáuticos (sistemas de armas). O programa permite a execução destes cálculos de forma rápida e exata por pessoal que não tenha familiaridade com os conceitos e metodologias de R&M.

Os problemas endereçados pelo programa envolvem:

- a) criação de algoritmos que traduzem a representação gráfica do *Diagrama de Blocos de Confiabilidade (DBC)* em um formato lógico que pode ser resolvido (calculado) para se obter parâmetros de confiabilidade / disponibilidade a nível de sistema e subsistema.
- b) métodos que aceleram os cálculos computacionais.
- c) possibilidade de, a partir da mesma entrada gráfica, calcular confiabilidade, disponibilidade e confiabilidade com reparo.
- d) apresentar como saída os gráficos de confiabilidade em função do tempo.

O programa tem a capacidade de manipular diagramas simples e complexos em microcomputador, ao invés de utilizar um mainframe.

O programa tem as seguintes facilidades:

- a) desenha os DBCs série-paralelos com o cursor.
- b) permite entrada de dados e visualização do DBC.
- c) quatro níveis de zoom para visualizar o DBC.
- d) capacidade de gerenciar arquivos (criar, editar, gravar, ler e copiar).
- e) escolha do modo de cálculo (confiabilidade, disponibilidade ou confiabilidade com reparo).
- f) plotar o gráfico de confiabilidade versus tempo.
- g) imprimir o DBC de forma gráfica ou tabular.

Seu artigo é mais um exemplo do que se pode fazer associando-se recursos computacionais com os conceitos de R&M.

9. POR QUE UM SISTEMA ESPECIALISTA?

A seguir serão apresentadas algumas considerações que auxiliam na decisão de se optar pelo desenvolvimento de um sistema especialista [9].

Um sistema especialista deve ser considerado se:

- a) a solução do problema a ser resolvido representa uma evolução de uma tecnologia antiga para uma mais moderna.

COMENTÁRIO: no caso EMBRAER há a necessidade de se evoluir dos métodos tradicionais de R&M para um outro no qual as atividades de projeto e suporte sejam integradas, para que a empresa continue competitiva no mercado mundial.

b) especialistas humanos são raros (poucos, caros, temperamentais).

COMENTÁRIO: existem poucos especialistas em R&M na empresa.

c) o conhecimento do especialista é necessário em vários locais ao mesmo tempo.

COMENTÁRIO: adotando-se um programa integrado de projeto e suporte deve-se seguir o exemplo das empresas aeronáuticas estrangeiras onde o conhecimento do especialista de R&M é disseminado para todos os envolvidos em um projeto.

É viável usar um sistema especialista se:

a) a tarefa já é executada por especialistas humanos.

b) existem especialistas disponíveis.

c) a tarefa é primariamente não-algorítmica.

d) a tarefa pode ser executada por especialistas humanos em um tempo finito.

As melhores aplicações para sistemas especialistas são:

a) diagnóstico. Exemplo: análise de "fault-isolation".

b) planejamento. Exemplo: planejamento de peças de reposição.

c) previsão. Exemplo: previsão de confiabilidade.

d) interpretação. Exemplo: análise de gráficos de tendência de confiabilidade.

10. PROPOSTA DE MODIFICAÇÃO DO PROCESSO

Os autores deste ensaio acreditam que as técnicas de desenvolvimento de sistemas especialistas podem ser inicialmente aplicadas para resolver problemas específicos que surgem na elaboração do relatório de confiabilidade citados no início do texto. Por exemplo:

1) A classificação dos FCDDs depende de conhecimentos dos *especialistas* que utilizam suas próprias *regras heurísticas* para interpretar cada FCDD. Estas regras podem ser unificadas e padronizadas em uma *base de conhecimento* acessível a todos em um computador através de um programa "friendly user". A vantagem de se utilizar tal sistema será a padronização de conceitos e a possibilidade de recuperação dos *dados históricos* para a análise de novos problemas.

2) Geração automática da *Significant Problem List (SPL)*. Atualmente esta lista é criada de modo semi-automático a partir de certas regras, porém a decisão final é, novamente, do especialista. Um programa que funcione baseado nos princípios da *Inteligência Artificial* poderá acelerar e padronizar a escolha dos itens que mereçam ser analisados no *Problem Analysis Document*, reunindo-se as regras heurísticas de cada especialista em uma outra base de conhecimentos onde os *mecanismos de pesquisa heurística* possam ser aplicados.

3) A análise dos gráficos de tendência de confiabilidade também dependem dos conhecimentos específicos do especialista. Neste caso também é possível transformar os conhecimentos em regras facilmente programáveis em um software do tipo *PROLOG*. Assim, cada usuário interessado em conhecer o comportamento de um determinado componente ou sistema poderá ter acesso ao gráfico e aos seus respectivos comentários gerados automaticamente.

4) Um sistema especialista poderá reunir todas as informações que atualmente estão distribuídas em diversos bancos de dados. Por exemplo: será possível saber para um determinado componente (*WUC*) qual o seu MTBF, quantas vezes ele já passou por um processo de reparo, quais os tipos de panes que ocorreram, quais os documentos de modificação aplicáveis, etc.

11. COMENTÁRIOS FINAIS

Foi apresentada uma visão geral do que é possível ser realizado associando-se conhecimentos de confiabilidade e sistemas especialistas.

Pode-se iniciar de imediato um estudo mais detalhado para se aplicar SE na solução de problemas reais, tais como: classificação de FCDDs, geração automática da SPL, interpretação de gráficos de confiabilidade e integração de informações.

Em um trabalho futuro será possível integrar a fase de projeto à fase de suporte ao produto através de um sistema computadorizado que englobe os conceitos de confiabilidade e manutenibilidade.

É importante dar uma atenção especial ao assunto abordado para que a EMBRAER possa continuar competindo em pé de igualdade com as empresas aeronáuticas do primeiro mundo.

AGRADECIMENTOS

O autor Amaury A. Xavier Filho agradece à Empresa Brasileira de Aeronáutica - EMBRAER nas pessoas dos Engenheiros Paulo M. S. Furtado, Jolan E. Berquó e Paulo G. Serra pelo apoio e incentivo na elaboração deste trabalho.

O autor Irany de Andrade Azevedo agradece o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, em cujo Programa de Trabalho da bolsa de Pesquisador Visitante - RHAÉ este trabalho foi parcialmente realizado.

ABSTRACT

Present practices in reliability data collecting, report organization and information processing at EMBRAER are reviewed and the main difficulties identified.

In search for current practice improvement the most significant methods used in first rank similar enterprises are analysed being clear the importance of Artificial Intelligence, Expert Systems and Reliability Growth whose essentials to the understanding of this work are presented.

Some alternative solutions and a few heuristic rules that help to decide to use expert systems are discussed, that are apparently applicable to Brazilian environment.

A proposal using some of the discussed tools is presented and its main features focused.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LEVINE, R.I.- Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas, McGraw-hill, 1988
- [2] RITCHIE, P.- Modelling and monitoring the decay of equipment reliability. 1991 Proceed. Ann. Reliab. & Maintenab. Symp. (USA), IEEE Press, pp. 312-6
- [3] BIEDA, J.- Reliability growth test management in a product assurance environment within the automotive components industry. 1991 Proceed. Ann. Reliab. & Maintenab. Symp. (USA), IEEE Press, pp. 340-4

- [4] FRANK, D.G.- A corollary to: Duane's postulate on reliability growth. 1989 Proceed. Ann. Reliab. & Maintenab. Symp. (USA), IEEE Press, pp. 167-70
- [5] GOTTFRIED, P.- Some aspects of reliability growth. 1987 IEEE Transactions on Reliability Vol.R-36, April87
- [6] ELLIOT, M.S.- Knowledge based systems for reliability analysis. 1990 Proceed. Ann. Reliab. & Maintenab. Symp. (USA), IEEE Press, pp. 481-9
- [7] WARLICK, G.J.- RAMCAD PLUS: a CALS RAMCAD system. 1989 Proceed. Ann. Reliab. & Maintenab. Symp. (USA), IEEE Press, pp. 291-5
- [8] MEYERS, R.- PRAISE: a PC-based reliability evaluator. 1989 Proceed. Ann. Reliab. & Maintenab. Symp. (USA), IEEE Press, pp.491-4
- [9] CHEE, C.W.J.- Experts Systems Maintainability. 1990 Proceed. Ann. Reliab. & Maintenab. Symp. (USA), IEEE Press, pp. 415-8

S.E. E A CONFIABILIDADE

INTRODUCAO

DUAS AREAS DO CONHECIMENTO:

- . ESTUDO DE CONFIABILIDADE
- . INTELIGENCIA ARTIFICIAL ■■■> *SISTEMAS ESPECILISTAS*

O QUE TEM EM COMUM?

S.E. E' UMA OTIMA FERRAMENTA PARA
AUXILIAR NO CALCULO E ANALISE DE
CONFIABILIDADE DE SISTEMAS COMPLEXOS.

S.E. APLICADO AO RELATORIO DE CONFIABILIDADE.

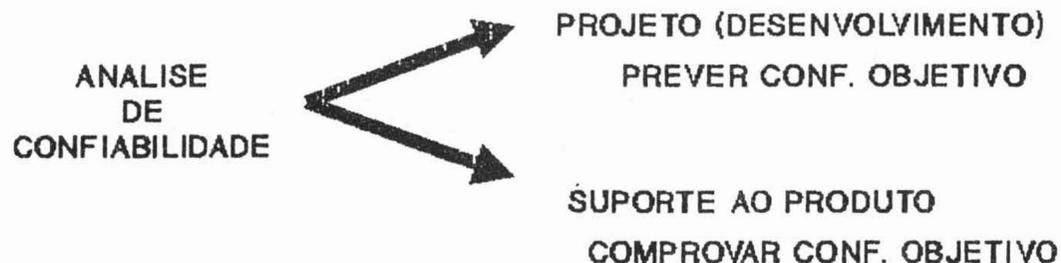
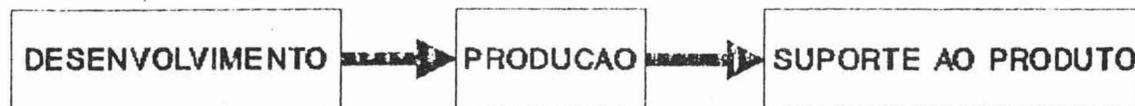
GRANDE QUANTIDADE DE INFORMACOES GERA
NECESSIDADE DE OTIMIZAR O PROCEDIMENTO ATUAL:

- . MELHOR INTERPRETACAO DOS DADOS
- . MENOR TEMPO E CUSTO

S.E. E A CONFIABILIDADE

APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

PROGRAMA AMX - VASTA DOCUMENTAÇÃO



OBJETIVO COMUM:

AUMENTAR QUALIDADE E COMPETITIVIDADE.

FIGURA 2

CONF05

S.E. E A CONFIABILIDADE

RTAR - RELIABILITY TREND ANALYSIS REPORT

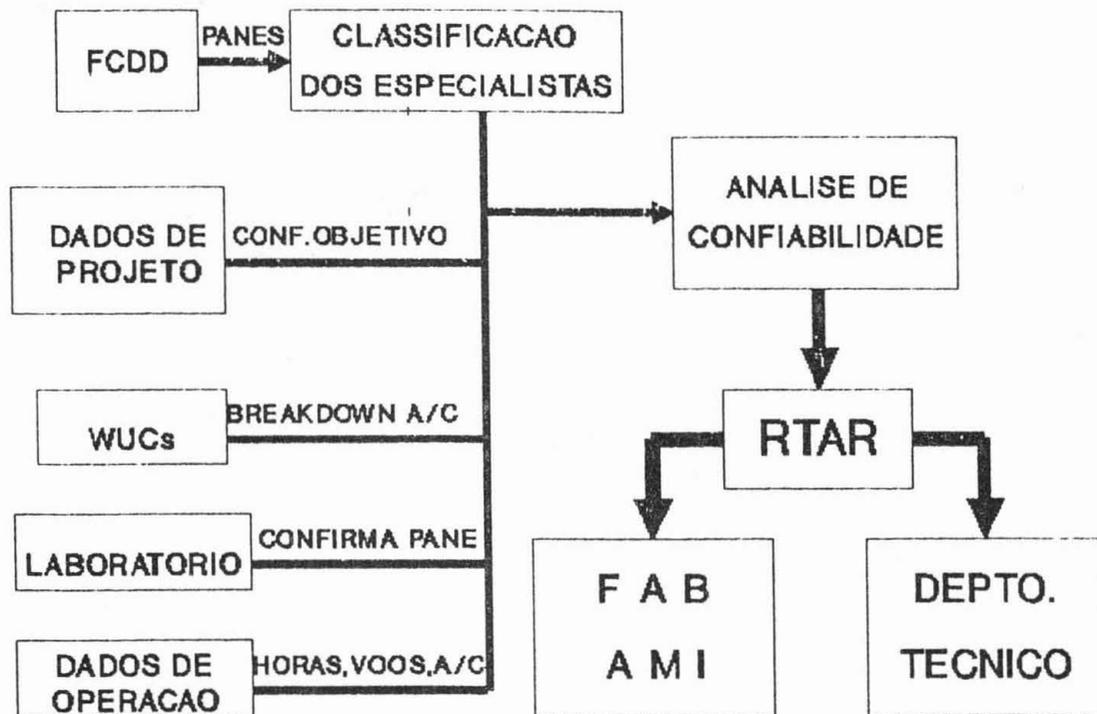


FIGURA 3

CONF51

S.E. E A CONFIABILIDADE RTAR - PROCESSO ATUAL

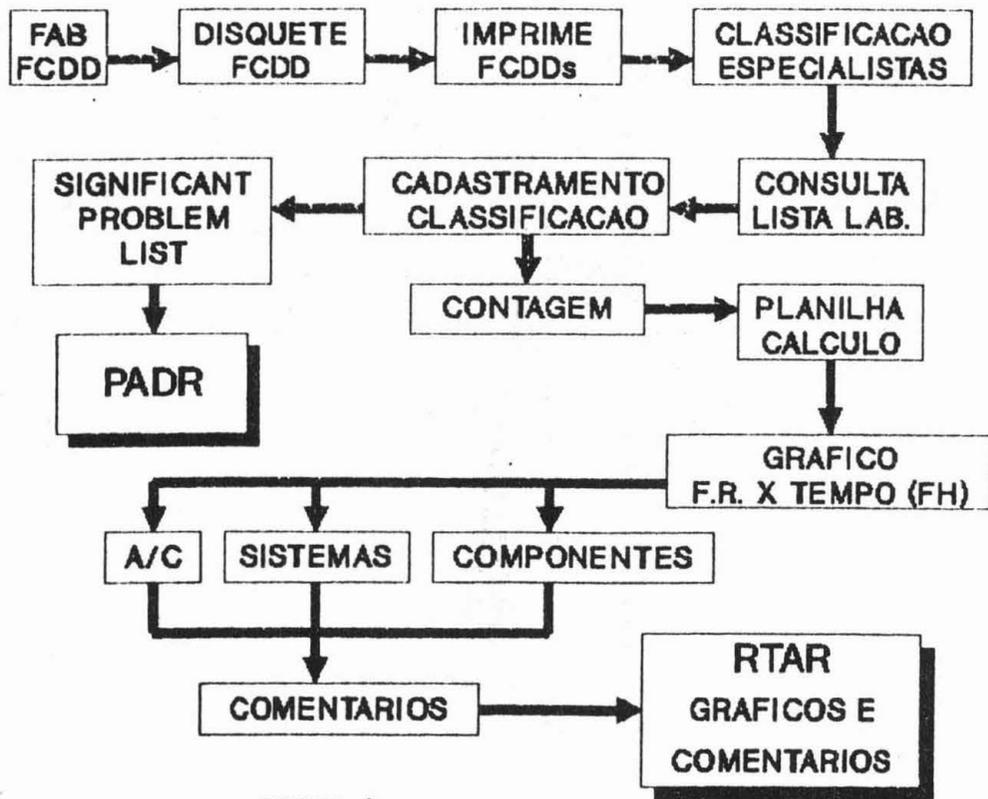
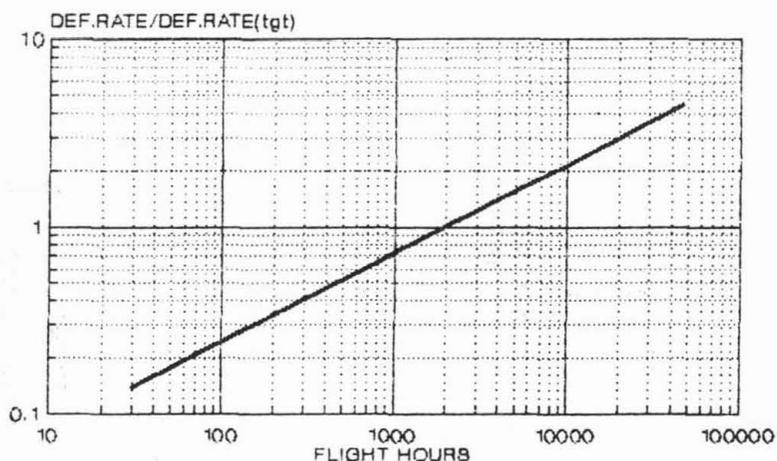


FIGURA 4

CONF06

**AMX RELIABILITY TREND ANALYSIS
RTA001 - COMPLETE AIRCRAFT**

FIGURA 5



RITCHIE - MODELO DE DECAIMENTO

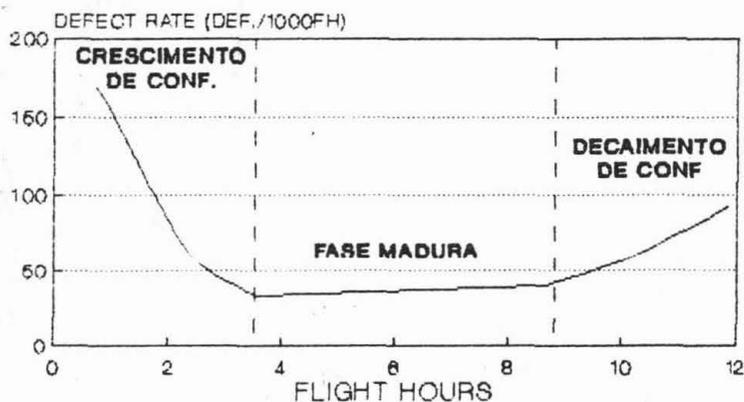


FIGURA 6

**FRANK - AVIONICOS - DECAIMENTO DE
CONFIABILIDADE DEVIDO A OPERACAO**