



# Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico, em Desenvolvimento, para Uso em Aeronaves

3º ENCONTRO DE CONFIABILIDADE NA AVIAÇÃO



22 e 23 de novembro de 2022  
Instituto Tecnológico de Aeronáutica  
Instituto de Logística da Aeronáutica

Autores:  
Arthur Paiva;  
Ricardo Amaral



# Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico, em Desenvolvimento, para Uso em Aeronaves

- **Introdução à Compass**
- Confiabilidade de Sistemas (Análise RAM)
- Estudo Caso – Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico
  - Modelagem do Processo
  - Coleta e tratamento de Dados
  - Carga de dados nos Modelos
  - Simulação e Resultados





# O QUE FAZEMOS

Fundada em 1998, a Compass é líder em Engenharia da Confiabilidade e Gestão de Ativos da América do Sul.

Além de comercializar e desenvolver softwares especialistas e sistemas empresariais, realiza projetos de consultoria e assessoria, oferece treinamentos e certificações para os profissionais do setor e, promove eventos.

## SISTEMA EMPRESARIAL

O sistema Orion, desenvolvido pela Compass, traz a precisão dos conceitos da Engenharia da Confiabilidade para a Gestão de Ativos, seguindo requisitos da ISO 55001.

## CONSULTORIAS

A partir dos projetos de consultoria e assessoria, a Compass desenvolve, junto com o cliente, um programa de Confiabilidade e Gestão de Ativos para a empresa.

## SOFTWARES ESPECIALISTAS

A Compass é representante dos softwares ReliaSoft da Hottinger Bruel & Kjaer Inc. na América do Sul. A Compass também está envolvida em soluções com foco em profissionais individuais e estudantes.

## TREINAMENTOS

Com uma grade completa, a Compass se orgulha em fazer parte da história da maioria dos profissionais do setor. Além da teoria, nossos especialistas mostram a aplicação prática de cada conceito.



# SOFTWARES ESPECIALISTAS

A Compass é representante na América do Sul dos softwares ReliaSoft da Hottinger Bruel & Kjaer Inc., referência no setor de Engenharia da Confiabilidade.

## **W** Weibull++

Para análise de dados de vida de produtos, sistemas e processos. Permite determinar períodos de garantia e de manutenção preventiva, além de estimar o orçamento para peças de reposição e analisar quantitativamente os riscos.

## **A** ALTA

Módulo de análise quantitativa de dados obtidos nos ensaios acelerados. Permite que a confiabilidade seja obtida ainda na fase de desenvolvimento de produtos, além de reduzir o tempo do ensaio de bancada e prever retornos em garantia.

## **RG** RGA

Módulo para analisar e monitorar o crescimento da confiabilidade durante a fase de desenvolvimento. Também pode ser utilizado para analisar sistemas reparáveis e determinar o tempo ideal para substituição ou overhaul.

## **B** BlockSim

Para análise da confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade de sistemas. Utiliza diagrama de blocos de confiabilidade (RBD), árvore de falha (FTA) e método de Monte Carlo para simular sistemas reparáveis.

## **R** RENO

Desenvolvido para quantificar uma análise de risco através de simulações estatísticas para quaisquer cenários realistas, sejam eles sociais, ambientais e/ou corporativos industriais ou do mercado financeiro.

## **λ** λPredict

Inclui normas de predição da confiabilidade como MIL-HDBK-217, Bellcore/Telcordia e NSWC-07. Fornece uma extensa biblioteca de componentes e permite consultar bibliotecas adicionais.



# SOFTWARES ESPECIALISTAS

A Compass é representante na América do Sul dos softwares ReliaSoft da Hottinger Bruel & Kjaer Inc., referência no setor de Engenharia da Confiabilidade.

## **F** XFMEA

Para facilitar a execução das análises FMEA/FMECA e direciona a tomada de decisão priorizando os riscos potenciais de falha em projetos, processos e sistemas. Suporta normas AIAG FMEA-4, J1739, ARP5580, MIL-STD-129A, etc.

## **M** RCM++

Desenvolvido para gerar os planos de manutenção que quaisquer ativos físicos precisa receber, sejam eles de quaisquer setores industriais. Segue a metodologia original RCM em conforme aos padrões normativos SAE, MSG, RAC e ainda a RCM II de John Moulbray.

## **X** XFRACAS

Desenvolvido para fazer a gestão completa de todos os incidentes e falhas que uma planta fabril ou um sistema/produto pode produzir em campo/uso. A metodologia FRACAS é aplicada em conforme a norma MIL-HDBK-2155.

## **MP** MPC

Desenvolvido para gerar os programas de manutenção aeronáuticos e aeroespaciais em conforme a norma MSG-3. Permite ainda realizar análises de sistemas e usinas, análises estruturais e/ou análise zonal-I/HIRF de acordo com as diretrizes do operador/fabricante.

## **S** SEP

Portal com acesso a análises e detalhes do gerenciamento do projeto a partir de qualquer dispositivo web habilitado. Disponível para toda a organização ou equipe, mesmo que não tenham acesso aos softwares da ReliaSoft.

## SUITES

As Suítes são conjuntos de ferramentas de Confiabilidade. A DFR é destinada para desenvolvimento de produtos. A RAM é para rotina de manutenção e gestão de ativos. Já a Master engloba praticamente todas as áreas e inclui a maioria dos aplicativos ReliaSoft.

# SISTEMA EMPRESARIAL DE GESTÃO DE ATIVOS

O Orion é um sistema integrado de Gestão de Ativos, desenvolvido em parceria com a Atech-Embraer, que reúne módulos de gestão e de análises de Confiabilidade, tornando o processo de planejamento e decisão mais assertivo, com melhor resultado e menor risco, em todo o ciclo de vida do ativo.

## O que o cliente busca

Gestão orientada a resultados com base em indicadores de desempenho.

Visão integrada

Gestão de risco dos ativos

Redução de custos

Gestão do conhecimento

Apoio na certificação ISO55001

## Entrega Orion

- Painel de indicadores (dashboard), Global Reliability Index - GRI, Projeção de Falhas, Tendência da Confiabilidade, Alerta de performances, Relatórios
- Integração com CMMS (SAP, Maximo), MES, PIMS, Sistema de Monitoramento da Condição do Ativo
- Gestão de Riscos, FMEA, Análise de Dados de Vida - LDA, RCM, Previsão de Falhas, Classificação de Criticidade de Ativos, Análise de Degradação, Inteligência Artificial
- Análise de Sobressalentes - SPF, LDA, Previsão de Falhas, RCA, Perfil de Perdas da Produção, Inteligência Artificial, Sistema Especialista de Detecção, Diagnose e Prognose
- AssetBook, Portais de Grupo e Usuário, Gestão de Análises, Pesquisa Avançada
- Ciclo de Gestão de Ativos, MoC, AssetBook, Gestão de Riscos (ISO 31000 / ISO 31010)



orion





# TREINAMENTOS

A Compass é especialista em capacitar profissionais em Engenharia da Confiabilidade e Gestão de Ativos e, em mais de 20 anos de atuação, tem orgulho em fazer parte da jornada de grandes profissionais do setor. Com uma grade completa, a Compass oferece o know-how de seus especialistas e experiência prática para demonstração dos conceitos teóricos.

## Metodologias

- Engenharia da Confiabilidade - 40h
- Análise de Dados de Vida - 24h
- Fundamentos de Análise FMEA/ FMECA - 24h
- Facilitador de FMEA - 16h
- Manutenção Centrada na Confiabilidade RCM - 24h
- Facilitador de RCM - 16h
- Análise de Falhas e Planos de Manutenção - 40h
- Gestão de Falhas FRACAS e RCA - 32h
- Crescimento da Confiabilidade - 24h
- Confiabilidade em Condições Extremas de Uso - 24h
- Confiabilidade de Sistemas - 24h
- Análise e Gerenciamento de Risco - 40h
- Gestão de Ativos suportada pela Engenharia da Confiabilidade - 24h
- Análise de Custo de Ciclo de Vida LCC - 24h
- Confiabilidade de Projetos DFR - 24h
- Indicadores de Confiabilidade - 08h

Os treinamentos podem ser:  
Presencial - Aberto  
Presencial - *In Company*  
On-line Ao Vivo - Aberto  
On-line Ao Vivo - *In Company*

# PROGRAMA REDE CONSULTOR

O Programa Rede Consultor foi desenvolvido para capacitar Consultores em Confiabilidade, oferecendo a oportunidade de seguir carreira na área, seja como profissional da indústria ou como consultor independente.

## Modalidade - Presencial Standard

- Fundamentos da Engenharia da Confiabilidade
- Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade de Sistemas
- Análise dos Modos e Efeitos de Falha
- Manutenção Centrada na Confiabilidade
- + Exame de Certificação

## Modalidade - EAD Standard (On-line)

- Análise de Dados de Vida (Confiabilidade)
- Análise da Confiabilidade em Diferentes Condições de Uso/ Stress - Básico
- Análise da Confiabilidade de Sistemas e Análise RAM
- Análise FMEA/ FMECA
- Análise RCM
- + Exame de Certificação



## REDE CONSULTOR EM NÚMEROS



450  
INSCRITOS



MAIS DE 100  
CERTIFICADOS



MAIS DE 30  
INDÚSTRIAS



2 IDIOMAS  
PT/ ESP



18 ESTADOS  
NO BRASIL



5 PAÍSES  
NO MUNDO

# EVENTOS

A Compass é pioneira na realização de eventos com foco em Engenharia da Confiabilidade no mundo.

O primeiro SIC - Simpósio Internacional da Confiabilidade foi realizado no Brasil em 2003. De lá pra cá, o evento reuniu centenas de profissionais, trabalhos técnicos de alta qualidade, palestras incríveis e muita troca entre os participantes.

Em 2020, a Compass passou a realizar também o CWC, uma conferência on-line, composta por grandes temas e apresentações de profissionais de destaque.

Capacitar profissionais e dividir conhecimento está em nosso DNA.



SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE CONFIABILIDADE



Encontro presencial de 3 dias, realizado anualmente\*, em que os participantes tem acesso a apresentações de cases práticos da aplicação da Engenharia da Confiabilidade e Gestão de Ativos. Um dos principais objetivos do evento é promover o networking entre os participantes.

\*Em função da pandemia, o SIC não foi realizado em 2020, 2021 e 2022.



CWC COMPASS  
WEB  
CONFERENCE

Evento anual, totalmente on-line, composto por Lives de especialistas que reúne apresentações técnicas, cases de Confiabilidade e Gestão de Ativos, além de mesas redondas sobre diversos temas. Os participantes podem participar ativamente, enviando perguntas e o conteúdo fica disponível para acesso posterior.



# Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico, em Desenvolvimento, para Uso em Aeronaves

- Introdução à Compass
- **Confiabilidade de Sistemas (Análise RAM)**
- Estudo Caso – Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico
  - Modelagem do Processo
  - Coleta e tratamento de Dados
  - Carga de dados nos Modelos
  - Simulação e Resultados





Software para análise da confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade de sistemas. Utiliza diagrama de blocos de confiabilidade (RBD) e árvore de falha (FTA). O BlockSim também utiliza o método Monte Carlo para simular sistemas reparáveis.

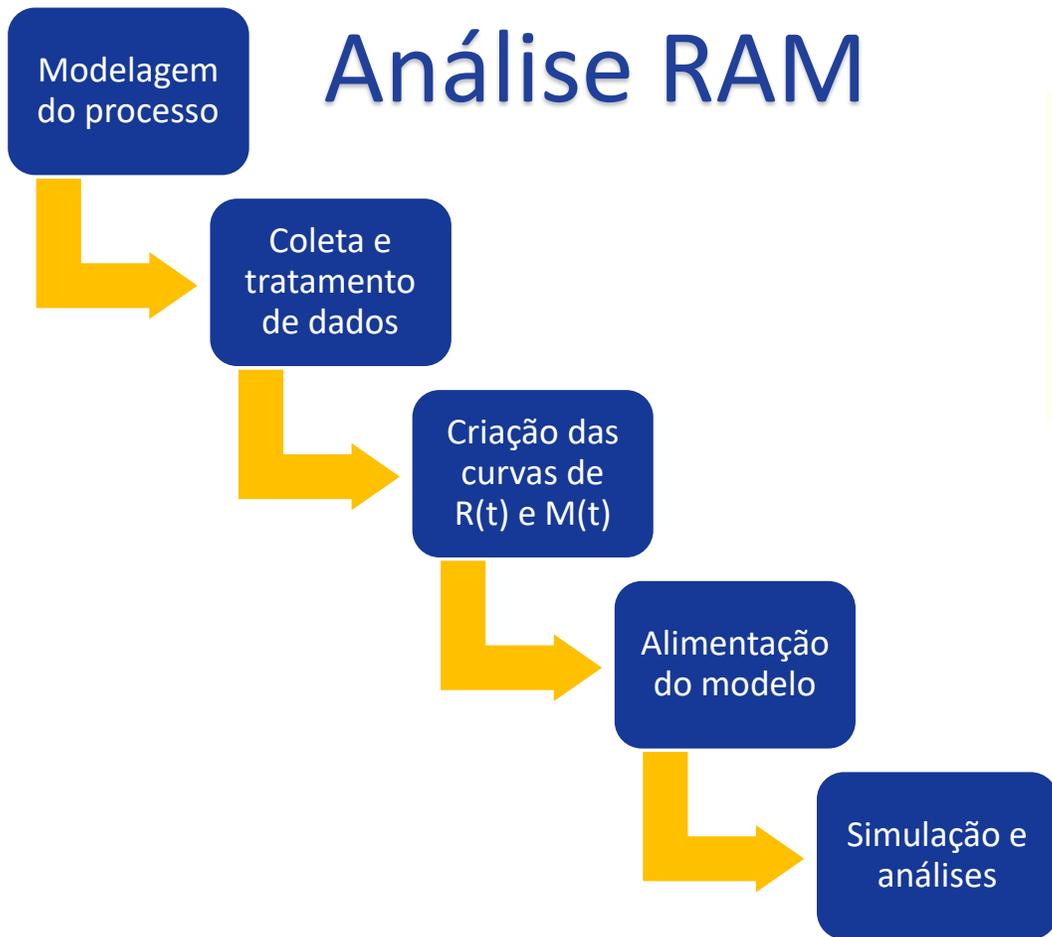
## Algumas aplicações práticas

- Modelar a lógica de confiabilidade por meio de RBD e FTA
- Levantar a confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade de sistemas
- Realizar a simulação de sistemas para estimar:
  - Disponibilidade média
  - Tempo médio entre falhas
  - Número de falhas esperadas
  - Custos (peça/mão-de-obra)
  - Produção

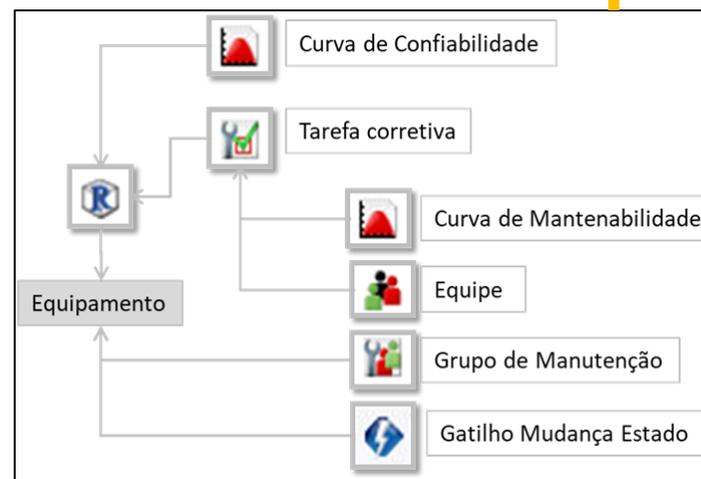
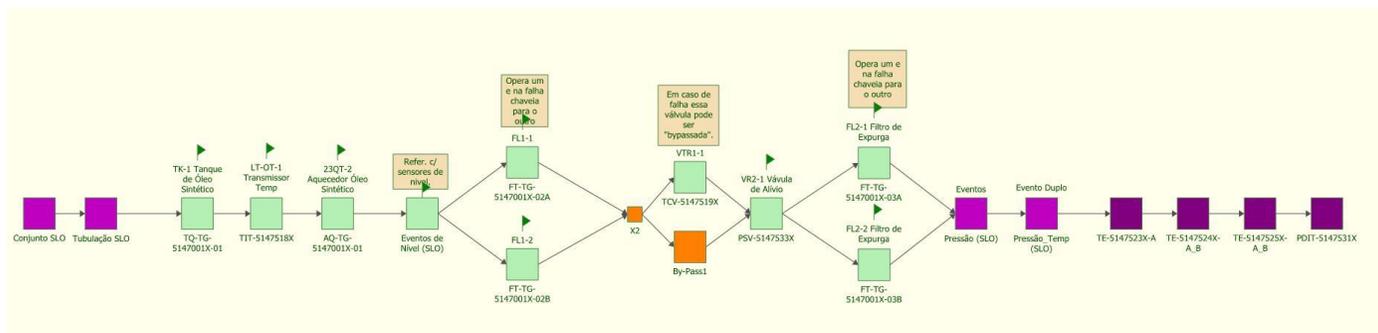


Análise da Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade de Sistemas

## Análise RAM



Exemplo: Sistema Lubrificação de Óleo Sintético Turbina a Gás LM2500



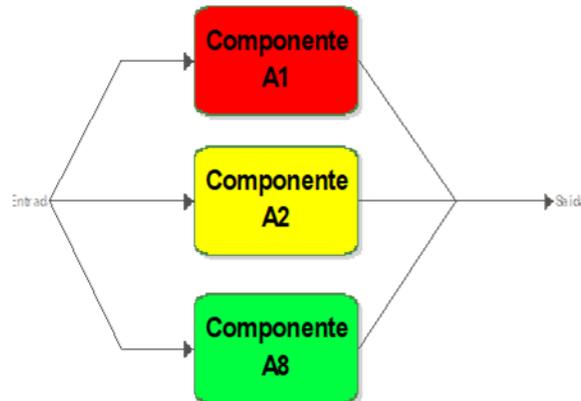


# Configurações do Diagrama de Blocos - RBD



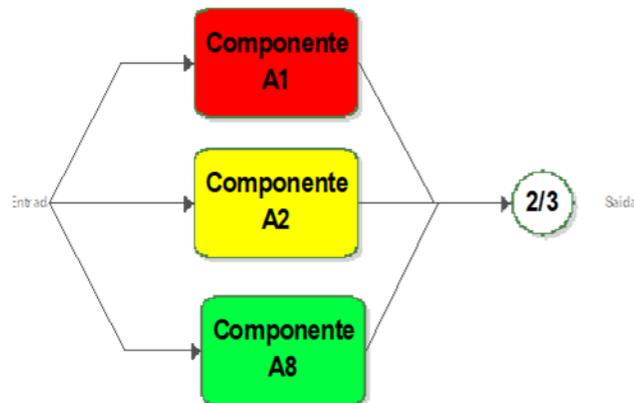
$$R(t)_{\text{Sistema}} = \prod_{i=1}^N R(t)_i$$

☞ Série



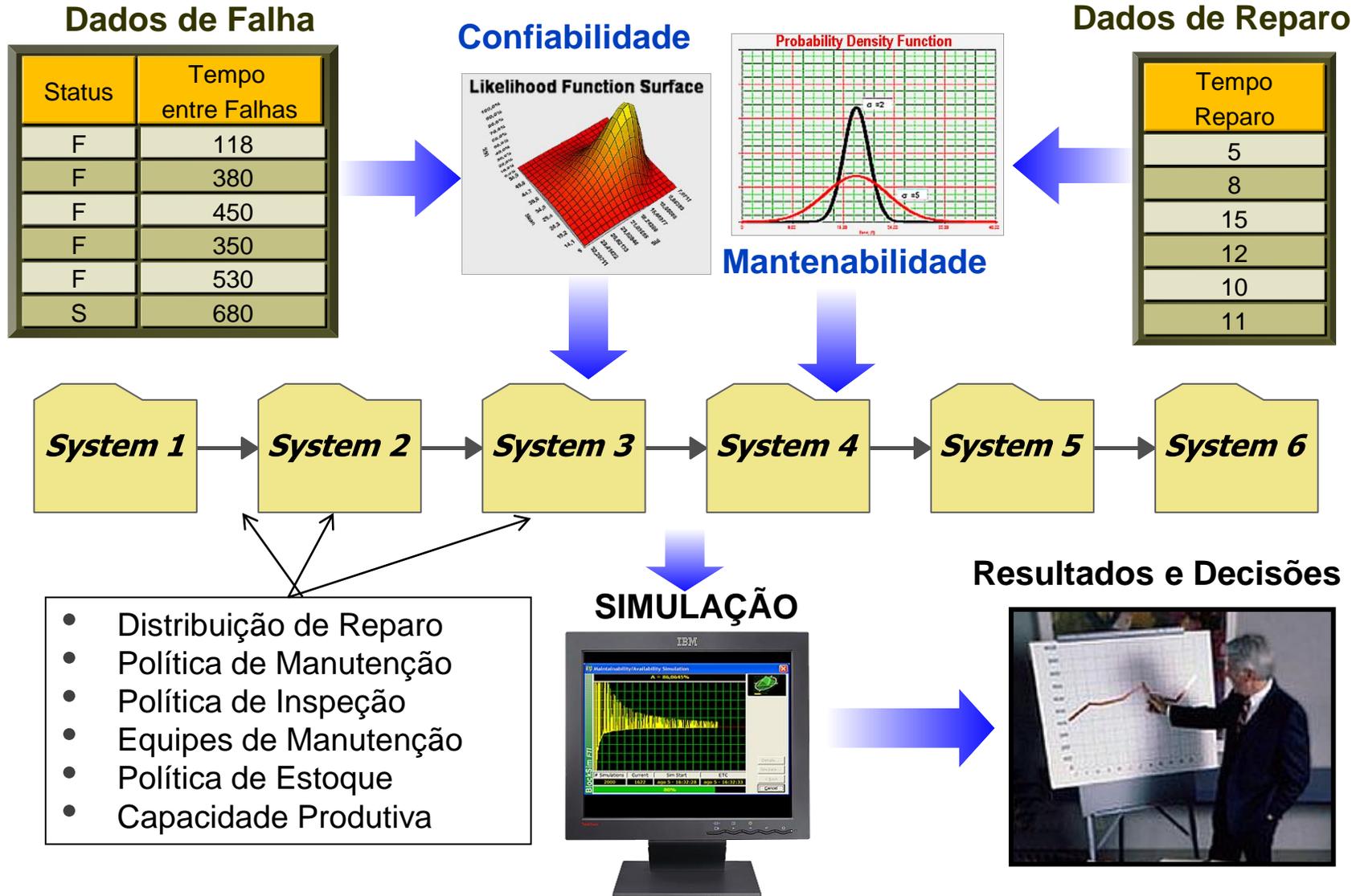
$$R(t)_{\text{Sistema}} = 1 - \left[ \prod_{i=1}^N (1 - R(t)_i) \right]$$

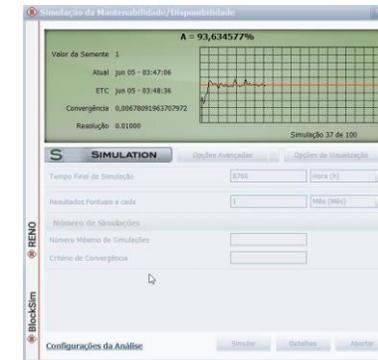
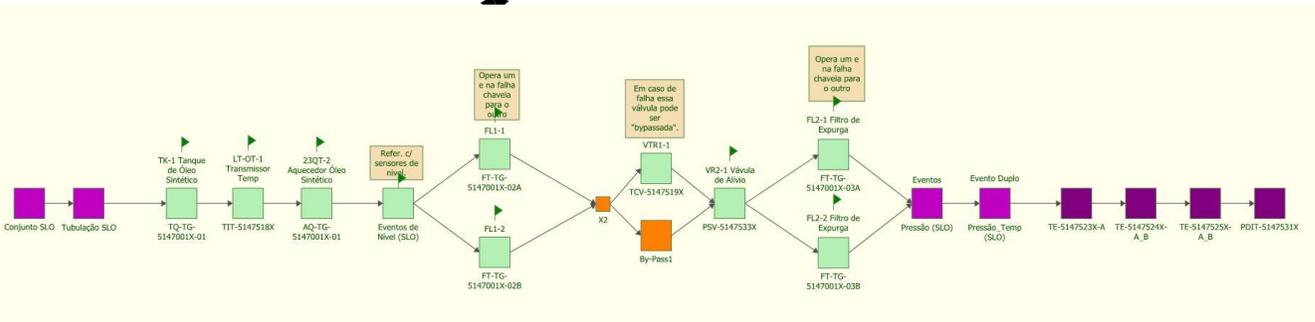
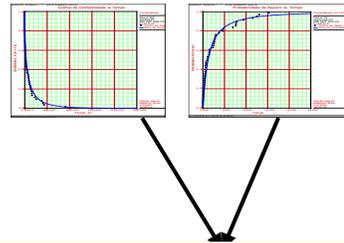
☞ Paralelo Simples



$$R(t)_{\text{Sistema}} = 1 - \left[ \sum_{r=k}^N \binom{N}{r} R(t)^r (1 - R(t))^{1-r} \right]$$

☞ k/N





## Resultados Esperados:

- *Disponibilidade Média*
- *Número Esperado de Falhas, Tempos de Reparo e Tempos de Operação;*
- *Previsão de Custos de Manutenção;*
- **Bad Actors** (Mais Críticos no Processo);
- *Simular Diversos Cenários de Melhoria;*
- *E outros parâmetros desejáveis.*



# Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico, em Desenvolvimento, para Uso em Aeronaves

- Introdução à Compass
- Confiabilidade de Sistemas (Análise RAM)
- **Estudo Caso – Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico**
  - Modelagem do Processo
  - Coleta e tratamento de Dados
  - Carga de dados nos Modelos
  - Simulação e Resultados





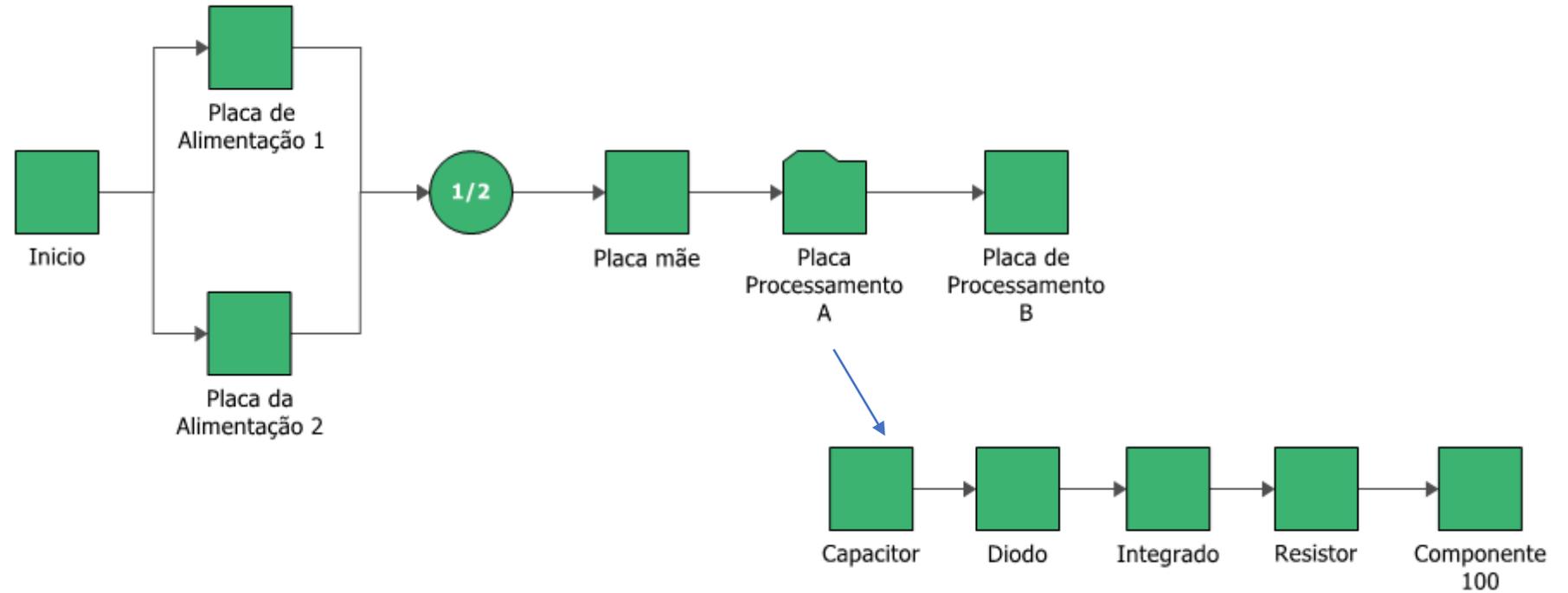
# Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico, em Desenvolvimento, para Uso em Aeronaves

- Introdução à Compass
- Confiabilidade de Sistemas (Análise RAM)
- Estudo Caso – Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico
  - **Modelagem do Processo**
  - Coleta e tratamento de Dados
  - Carga de dados nos Modelos
  - Simulação e Resultados





# Modelagem do Processo





# Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico, em Desenvolvimento, para Uso em Aeronaves

- Introdução à Compass
- Confiabilidade de Sistemas (Análise RAM)
- Estudo Caso – Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico
  - Modelagem do Processo
  - **Coleta e tratamento de Dados**
  - Carga de dados nos Modelos
  - Simulação e Resultados





O Software **Lambda Predict** suporta previsões da taxa falha e MTBF segundo os seguintes standards:

- MIL-HDBK-217;
- Bellcore/Telcordia;
- FIDES;
- NSWC Mechanical;
- Siemens SN 29500

The screenshot shows the 'Folio1' window with a 'System Hierarchy' table and a 'Properties' panel. The 'System Hierarchy' table has the following data:

Name	Failure Rate(t=INF)
MIL-HDBK-217F	0.3324 FPMH
Micro, Digital	0.3324

The 'Properties' panel shows the following details for the 'Micro, Digital' component:

- Identifiers:** Name: Micro, Digital; Part Number: 004 IC, Dig. Herm. G\_M; Description: IC, Dig. Herm., Bip, >3K-10K Gates.
- General:** Quantity: 4.
- Physical:** Technology: TTL; Package Type: Hermetic Pin Grid Array; Number of Pins: 128; Quality, Microelectronics: Class S; Number of Years in Production: 1; Number of Gates: 10000; Theta Case/Ambient (° C/W): 50; Theta Junction/Case (° C/W): 28.

The component is identified as a 'Parts Count Component'.



Approved ANSI Standard  
ANSI/VITA 51.1 – 2013 (R2018)  
Reliability Prediction MIL-HDBK-217 Subsidiary Specification

**Abstract**  
This specification provides standard defaults and methods to adjust the models in MIL-HDBK-217F Notice 2. This is not a revision of MIL-HDBK-217F Notice 2 but a standardization of the inputs to the MIL-HDBK-217F Notice 2 calculations to give more consistent results.



Approved: October 16, 2013  
Reaffirmed: October 10, 2018

American National Standards Institute, Inc.  
Secretariat: VITA



- Utilizar dados públicos de Datasheets disponibilizados na internet pelos fabricantes.
- Relatórios de Confiabilidade (Reliability Reports), fornecidos por fabricantes e/ou fornecedores.



# Coleta e Tratamento de Dados



- É da natureza de componentes eletrônicos terem uma vida útil relativamente longa, mesmo sendo utilizados de forma contínua.
- Esta característica faz com que sua vida útil possua uma taxa de falha constante, sendo a maioria das falhas observadas para estes dispositivos de caráter aleatório.
- A predição é feita baseada nas características de cada componente, levando em consideração o ambiente no qual ele está inserido, as condições de estresse (como temperatura, estresse de tensão, estresse de potência, etc), as características de montagem, sua qualidade e a quantidade de itens presentes em cada placa.
- A metodologia estatística para construir as equações de confiabilidade levam em consideração as fórmulas e tabelas listadas na norma MIL-HDBK-217F.



# Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico, em Desenvolvimento, para Uso em Aeronaves

- Introdução à Compass
- Confiabilidade de Sistemas (Análise RAM)
- Estudo Caso – Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico
  - Modelagem do Processo
  - Coleta e tratamento de Dados
  - **Carga de dados nos Modelos**
  - Simulação e Resultados



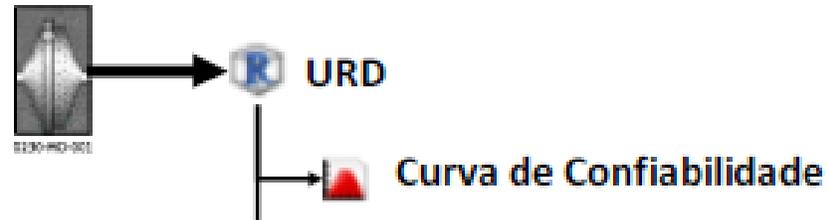


# Carga de Dados no Modelo



Os dados relacionados às curvas de confiabilidade geradas a partir das configurações dos componentes foram carregados em cada bloco que representa cada componente no diagrama de blocos de confiabilidade (RBD).

As ações corretivas e curvas de manutenibilidade não se aplicam nesta análise.



Ao integrar o sistema RBD com informações sobre as características de falha dos componentes, podemos simular os bad actors e o comportamento da confiabilidade do sistema.



# Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico, em Desenvolvimento, para Uso em Aeronaves

- Introdução à Compass
- Confiabilidade de Sistemas (Análise RAM)
- Estudo Caso – Confiabilidade Projetada de Equipamento Eletrônico
  - Modelagem do Processo
  - Coleta e tratamento de Dados
  - Carga de dados nos Modelos
  - **Simulação e Resultados**

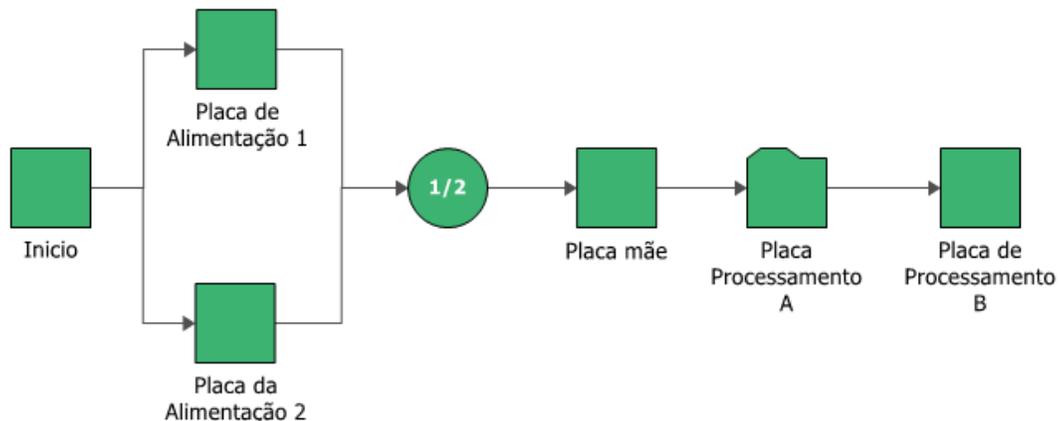




# Simulação e Resultados



Resultados para tempo de simulação de 1000 horas de operação.



Nome do Bloco	Criticidade de Falha	Criticidade de Tempo de Parada	Disp. Média (Todos Eventos)	Quantidade de Falhas
Placa de Alimentação 1	0.00%	0.00%	0.999964	0.00006
Placa da Alimentação 2	0.00%	0.00%	0.999976	0.00004
Placa mãe	0.00%	0.00%	1	0
Placa de Processamento B	0.00%	0.00%	1	0
<b>Placa Processamento A</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>0.861344</b>	<b>0.26282</b>
Capacitor	2.05%	1.97%	0.997265	0.00538
Diodo	96.85%	96.89%	0.865658	0.25454
Integrado	0.00%	0.00%	1	0
Resistor	1.10%	1.14%	0.998421	0.0029
Componente	0.00%	0.00%	1	0

As simulações permitem estimar as criticidades dos itens do projeto, e quantificar o risco de um componente vir à falha num determinado período de tempo, com base nos fatores considerados pela norma utilizada.

Neste exemplo, o diodo utilizado apresenta os maiores valores de criticidade de falha.



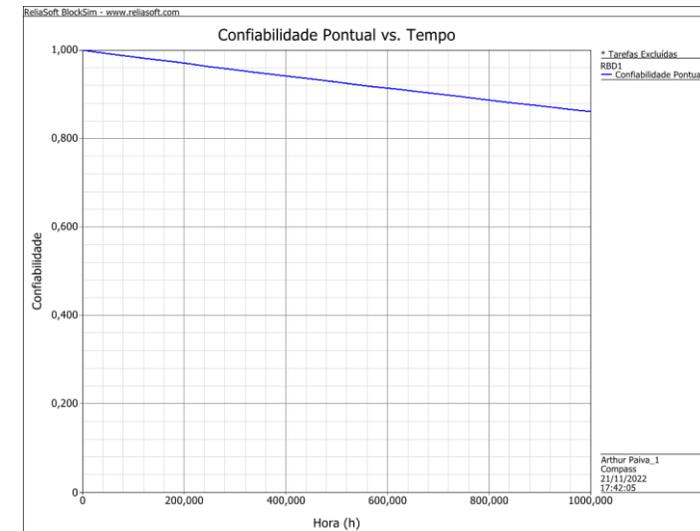
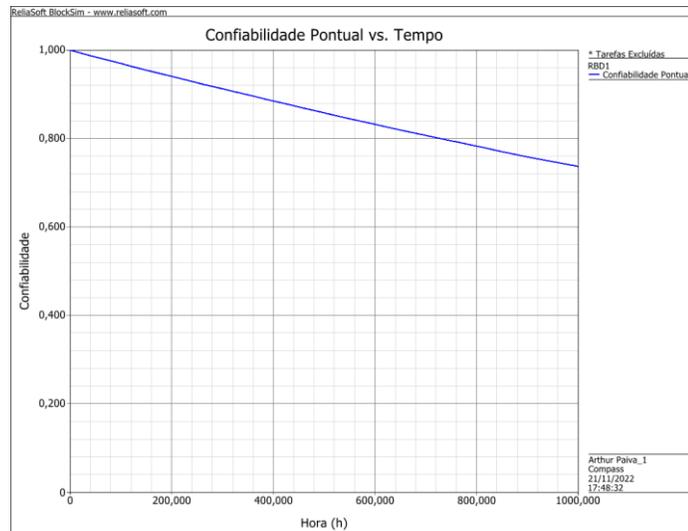
# Simulação e Resultados



Resultados para tempo de simulação de 1000h de operação, diodo de outro fornecedor.

Nome do Bloco	Criticidade de Falha	Criticidade de Tempo de Parada	Disp. Média (Todos Eventos)	Quantidade de Falhas
Placa de Alimentação 1	0.00%	0.00%	0.999964	0.00006
Placa da Alimentação 2	0.00%	0.00%	0.999976	0.00004
Placa mãe	0.00%	0.00%	1	0
Placa de Processamento B	0.00%	0.00%	1	0
<b>Placa Processamento A</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>0.861344</b>	<b>0.26282</b>
Capacitor	2.05%	1.97%	0.997265	0.00538
Diodo	96.85%	96.89%	0.865658	0.25454
Integrado	0.00%	0.00%	1	0
Resistor	1.10%	1.14%	0.998421	0.0029
Componente	0.00%	0.00%	1	0

Nome do Bloco	Criticidade de Falha	Criticidade de Tempo de Parada	Disp. Média (Todos Eventos)	Quantidade de Falhas Falhas
Placa de Alimentação 1	0.00%	0.00%	0.999964	0.00006
Placa da Alimentação 2	0.00%	0.00%	0.999976	0.00004
Placa mãe	0.00%	0.00%	1	0
Placa de Processamento B	0.00%	0.00%	1	0
<b>Placa Processamento A</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>0.928542</b>	<b>0.139</b>
Capacitor	4.29%	4.12%	0.997057	0.00596
Diodo	93.51%	93.61%	0.933109	0.12998
Integrado	0.00%	0.00%	1	0
Resistor	2.20%	2.27%	0.998375	0.00306
Componente	0.00%	0.00%	1	0



# compass

CONSULTORIA • TREINAMENTOS • SISTEMAS

ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE E GESTÃO DE ATIVOS



@ctscompass6



@ctscompass\_



(11) 98916-3165



company/  
compass



compasscts

contato@ctscompass.com

[WWW.CTSCOMPASS.COM](http://WWW.CTSCOMPASS.COM)