

Verificação

Verificação

- Verificação é o processo pelo qual se determina se uma parte, um componente, um subsistema, um instrumento, ou um sistema completo **satisfaz** suas especificações e será capaz de operar corretamente em suporte à missão.
- O processo de Verificação está presente ao **longo de todo o ciclo de vida do projeto** e é parte **integral** da engenharia de sistemas.
- A **cada etapa** do projeto cabe ao responsável **entender e avaliar os resultados** de Verificação e coordenar a busca de soluções para quaisquer anomalias identificadas.
- O processo de Verificação recorre a variados **Métodos** que dependem do projeto, do requisito a ser verificado, de sua importância, do risco, dos custos e dos prazos associados.
- Ao longo do projeto o processo de Verificação avança por Estágios que acompanham a sua evolução natural

Métodos de Verificação

- **Teste**: Consiste na operação do sistema real sob determinadas condições. Há duas categorias de teste: **Testes Funcionais** e **Testes Ambientais**. Os dois são realizados alternadamente ao longo de um programa de testes. Os **Testes Funcionais** são normalmente realizados no ambiente normal, enquanto que os **Testes Ambientais** demandam ambientes especiais (vibração, vácuo, temperaturas altas ou baixas, acústico).
- **Análise**: A verificação por análise é realizada no lugar ou em complemento ao **Teste**. As técnicas utilizadas incluem: análise de engenharia de sistemas, análises estatísticas ou qualitativas, simulações computacionais ou com equipamentos, e modelagem computacional.
- **Demonstração**: Utiliza técnicas reais de demonstração, normalmente aliadas a requisitos de manutenibilidade e “human engineering”.
- **Similaridade**: Consiste na revisão de dados de verificação coletados de um equipamento de configuração semelhante e destinado a uma aplicação também equivalente. Os dois equipamentos devem ser semelhantes ou idênticos em projeto e processo de manufatura. Nestes casos os dados são sempre de um equipamento que tenha sido qualificado em níveis idênticos ou mais rigorosos.
- **Inspeção**: Consiste na avaliação física do equipamento e/ou de sua documentação para verificar características do projeto, tais como dimensões físicas, limpeza, rugosidade, presença de arestas cortantes, funcionamento de mecanismos, alinhamentos, etc.
- **Simulação**: Consiste na verificação baseada no uso de equipamentos e softwares que não sejam de voo.
- **Validação de registros**: Consiste na verificação baseada em registros de manufatura e aceitação final com o intuito de confirmar as características construtivas e o processo de fabricação dos equipamentos de voo.

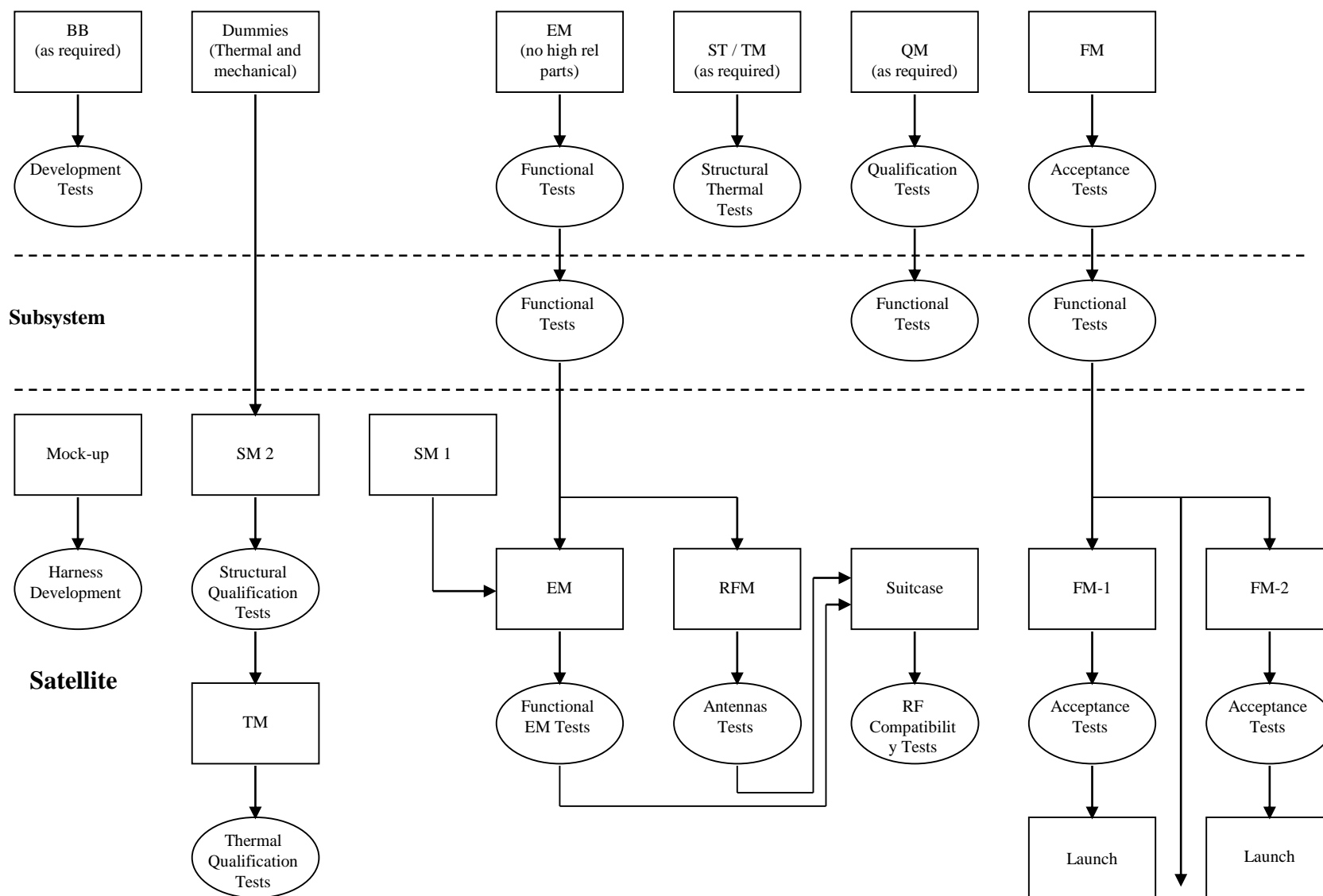
Estágios de Verificação

- **Desenvolvimento**: Neste estágio os processos de verificação objetivam auxiliar o desenvolvimento do projeto. Os resultados obtidos são apresentados nas revisões de projeto (Revisão Preliminar e Revisão Crítica).
- **Qualificação**: Neste estágio um equipamento equivalente ao de voo é submetido a verificações com o objetivo de comprovar que ele satisfaz aos seus requisitos funcionais, que atinge o desempenho desejado e que tem as características de projeto requeridas. Os testes realizados são sempre em condições mais rigorosas que as de voo, e têm o intuito de demonstrar que o equipamento dispõe de margens adequadas.
- **Aceitação**: Neste estágio demonstra-se que o equipamento de voo satisfaz aos seus requisitos funcionais e de projeto. Ao final o mesmo é enviado para integração ao veículo lançador ou estocado.
- **Preparação para o lançamento**: Dura ao longo do período de integração ao veículo lançador e vai até o lançamento. São verificados os requisitos de integração ao veículo lançador e centro de lançamento aplicáveis ao satélite.
- **Operação**: Ocorre durante a fase de operação e consiste em verificar que as partes do satélite operam corretamente e suportam o ambiente espacial.
- **Descarte**: Estágio opcional que é executado quando há requisitos a serem verificados antes da desativação completa.

Modelos que podem ser construídos

- Modelo de Engenharia (Engineering Model)
 - Modelo para testes funcionais.
- Modelo Estrutural (Structural Model)
 - Modelo para testes da estrutura.
- Modelo Térmico (Thermal Model)
 - Modelo para testes térmicos.
- Modelo EMI/EMC (EMI/EMC Model)
 - Modelo ara testes de compatibilidade eletromagnética.
- Modelo de Qualificação (Qualification Model)
 - Modelo para testes de qualificação.
- Modelo de Voo (Flight Model)
 - Modelo que irá voar.
- Modelo Sobressalente (Spare Model)
 - Modelo sobressalente (opcional).
- Modelo “Protoflight” (Protoflight Model)
 - Modelo utilizado em substituição aos de Qualificação e Voo (opcional).

Filosofia de Modelos (exemplo)



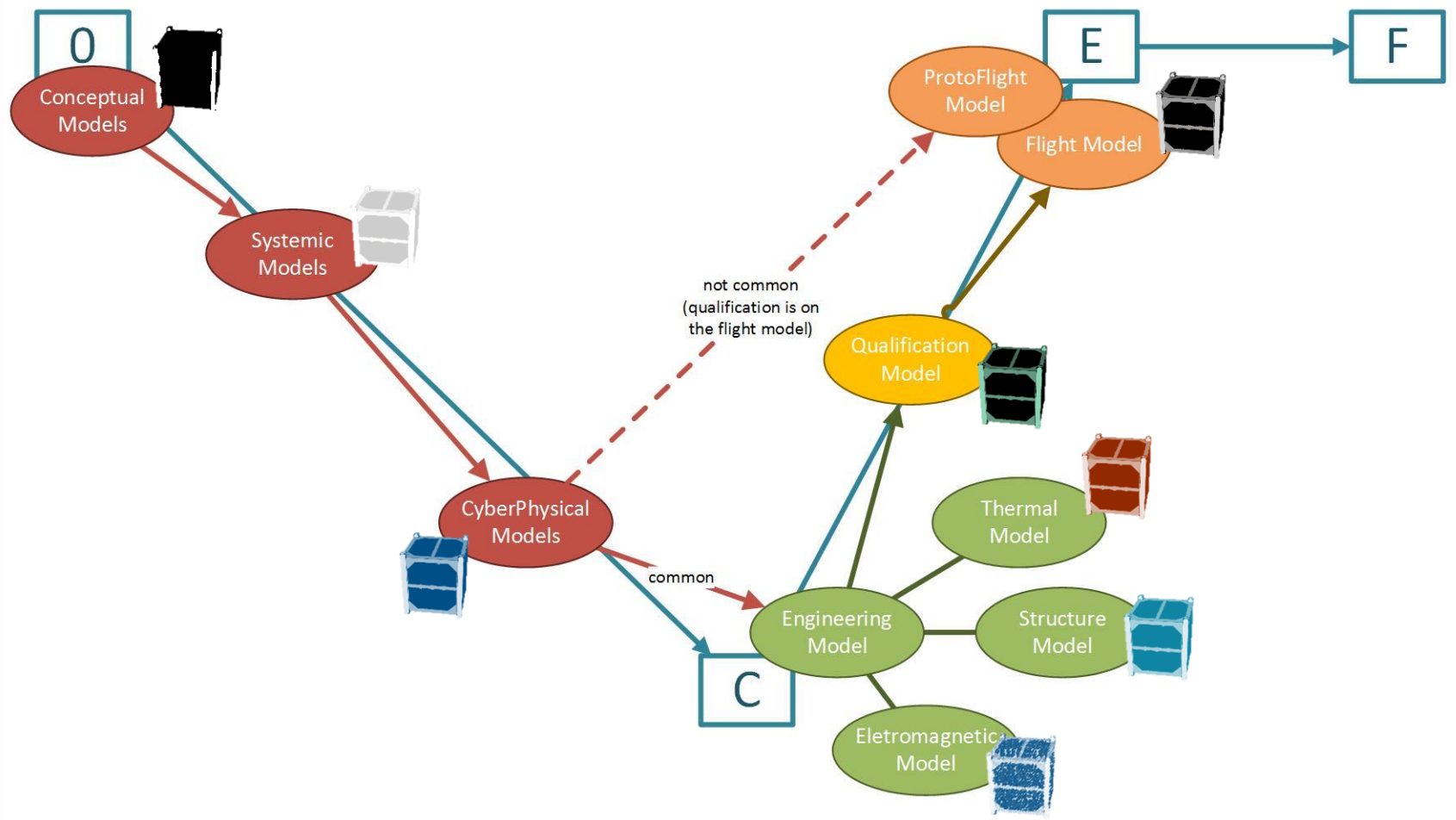
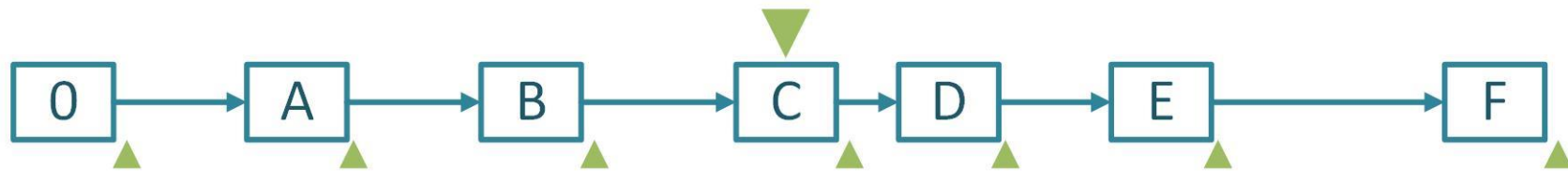
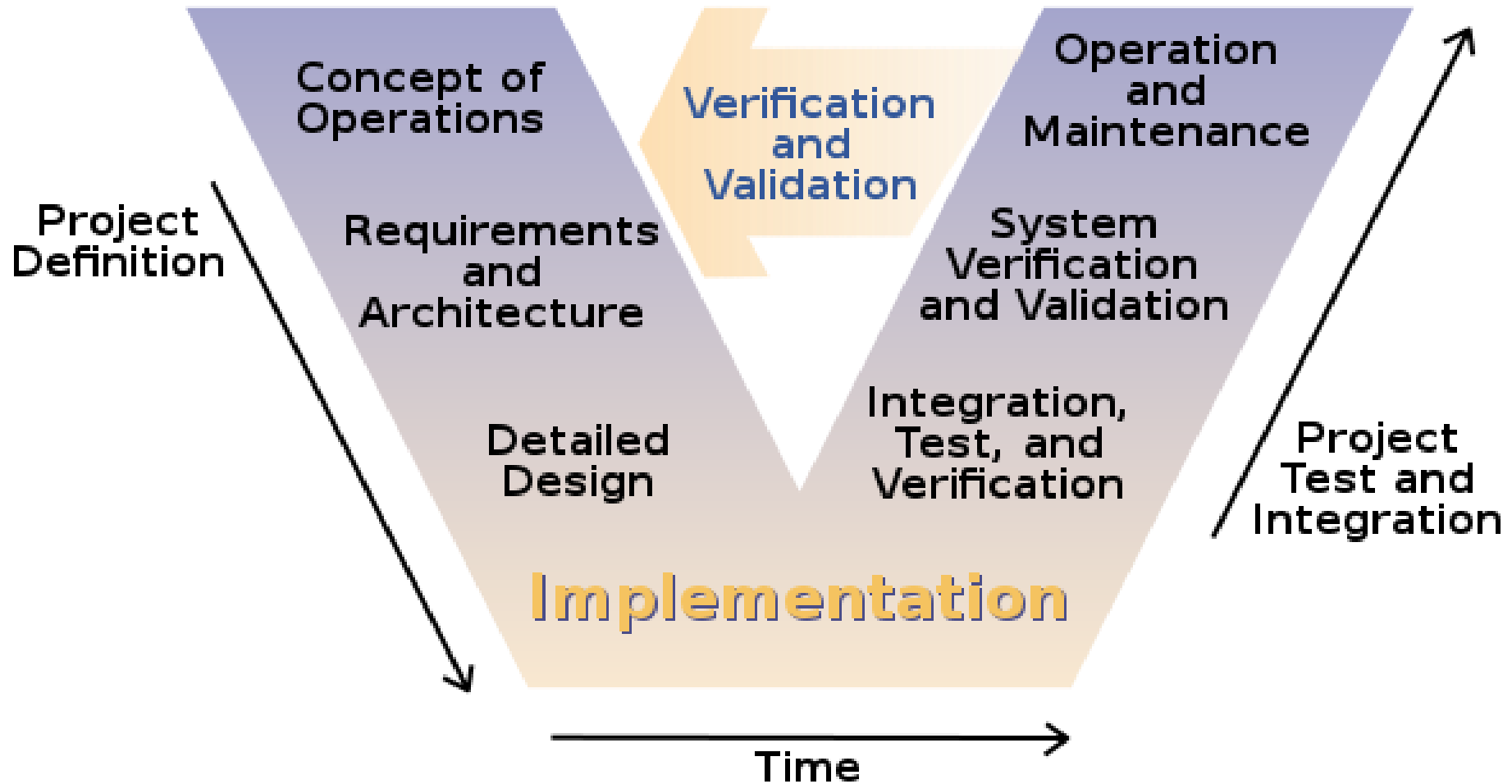
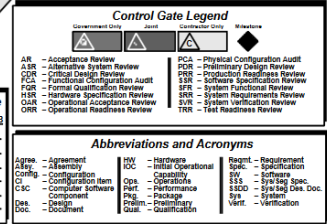


Diagrama V, Modelo V



Operations
Configure
Compute
Configure
Execute



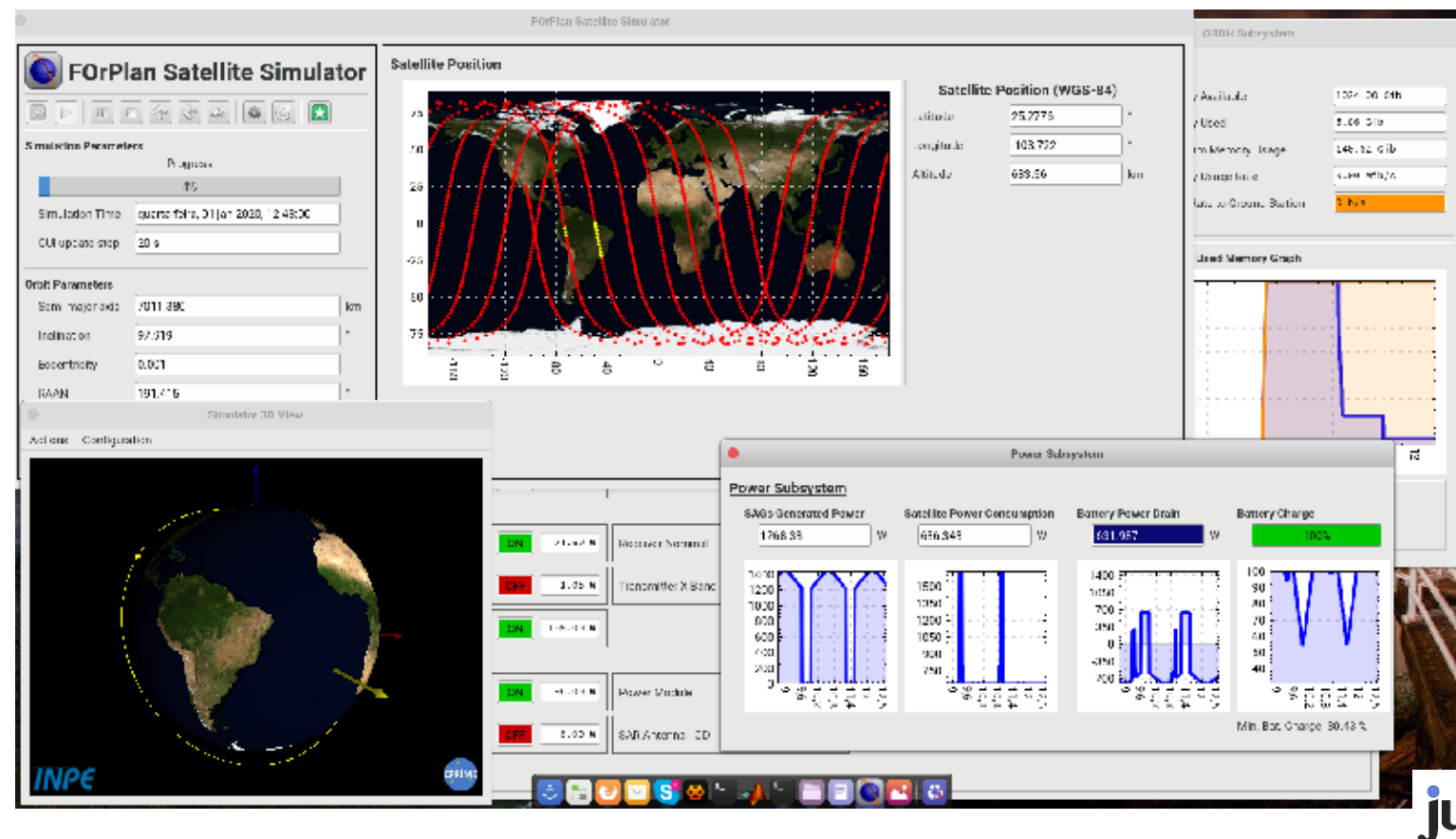
Exemplos Específicos



Lógico: Simulador de Análise de Missão

Satellite Simulator for Verification of Mission Operational Concepts in Pre-Phase A Studies

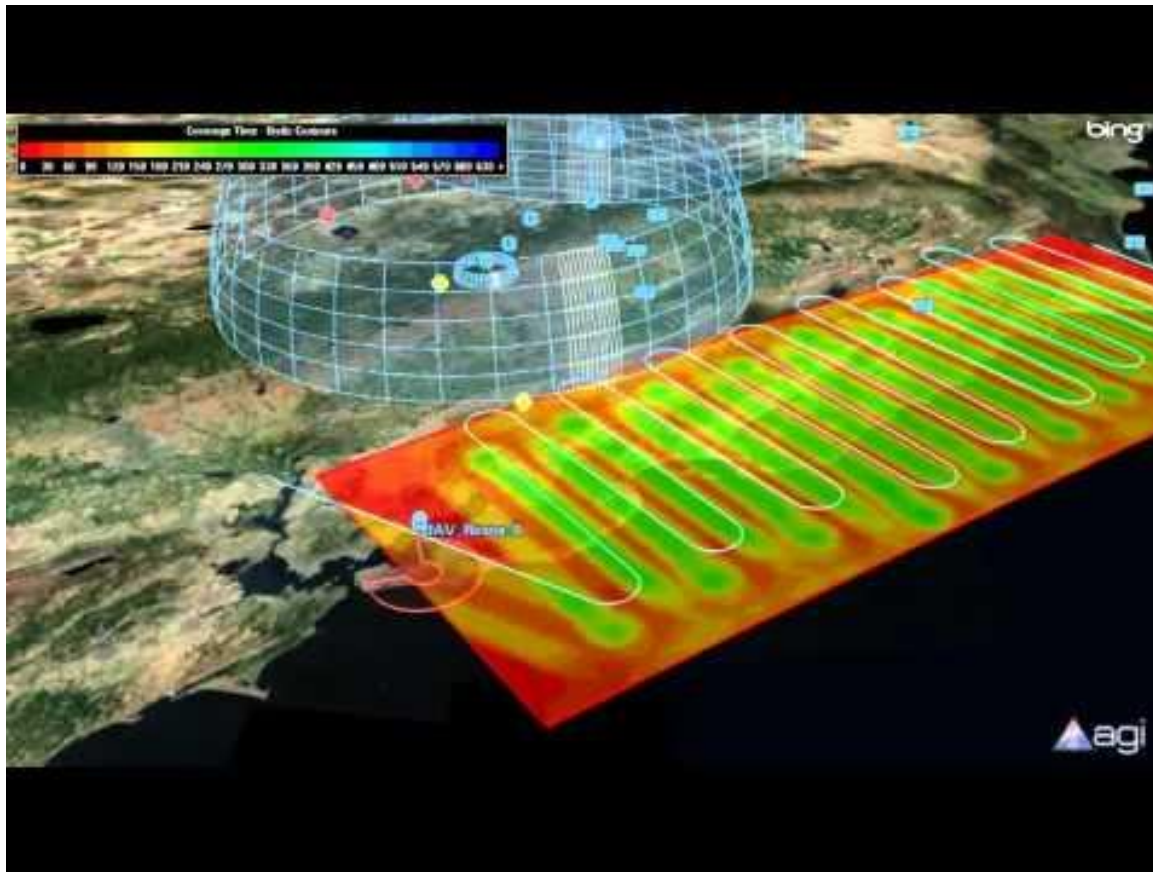
Ronan A. J. Chagas, Arcélio C. Louro, Fabiano L. de Sousa, Willer G. dos Santos



Objetivo:

- analisar, verificar durante as fases iniciais da missão, soluções para satisfazer a missão
- proporcionar facilidades para análise da órbita e trajetória do satélite, análise de orçamento (potência necessária, variação térmica), estrutura.

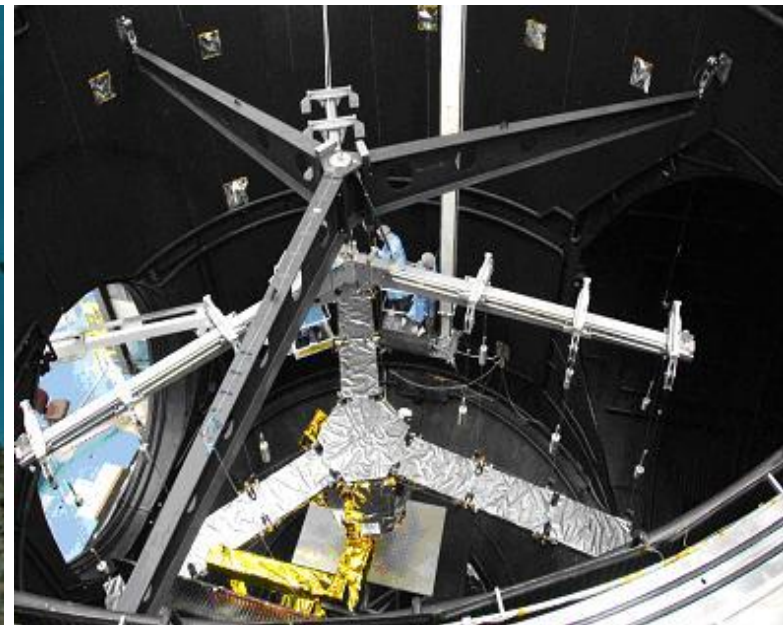
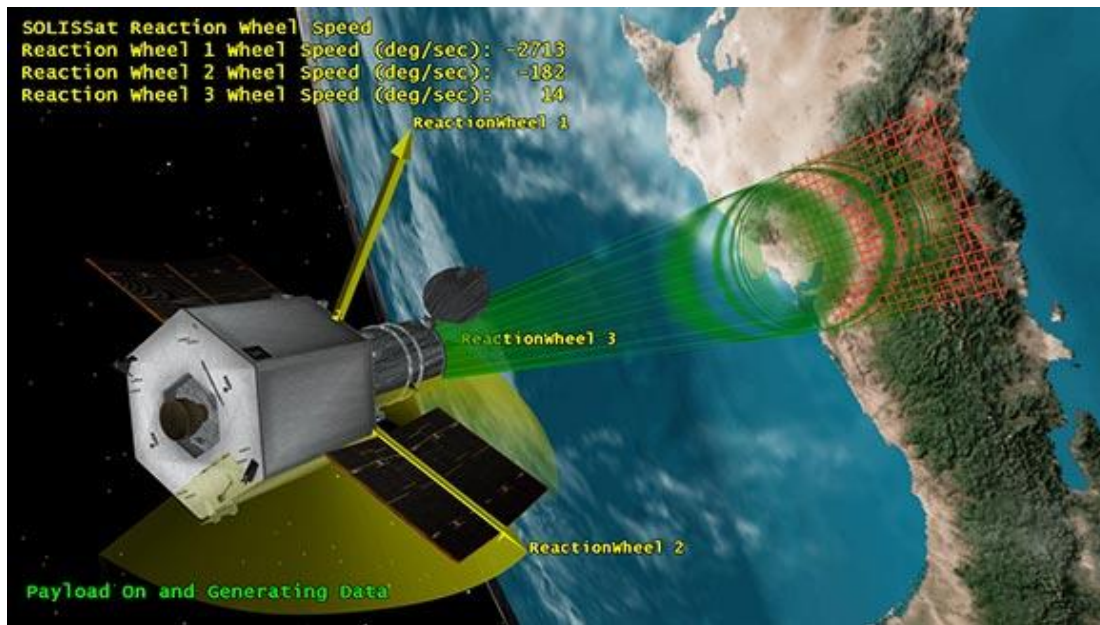
Lógico: Simulador fim-a-fim de missões (Mission Performance Simulator)



Objetivo:

- estudar conceitos e viabilidade da missão para atender seu uso finalístico.
- Este tipo de simulador é capaz de reproduzir todos os processos e passos significativos que impactam a performance da missão e gerar produtos de dados finais simulados.

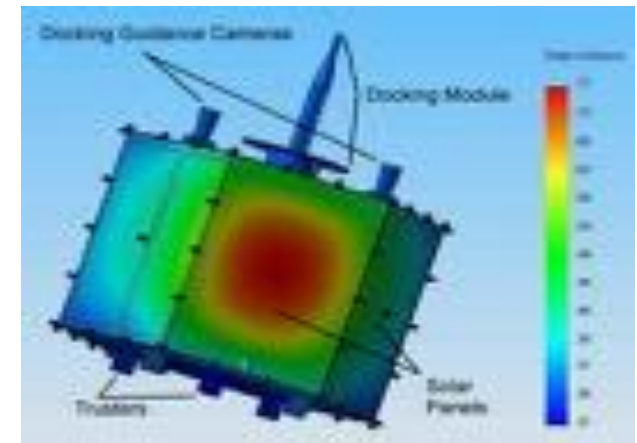
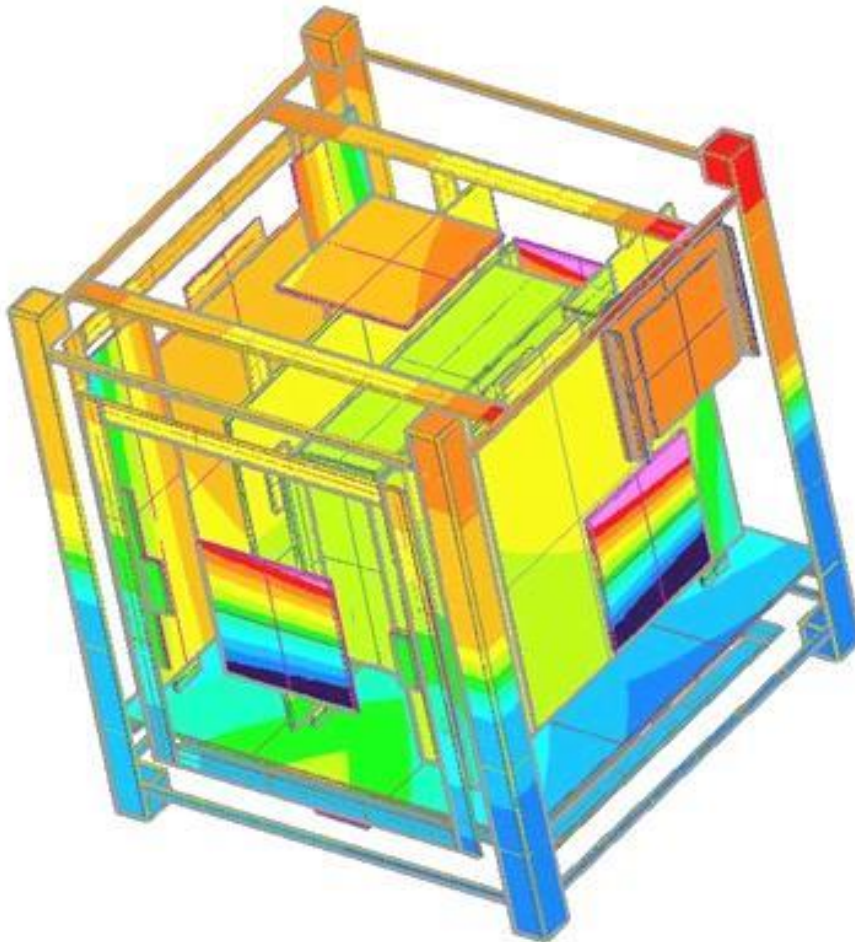
Lógico: Simulador de Carga-útil



Objetivo:

- analisar o comportamento, demonstrar performance, habilidade, validar as operações de um determinado instrumento científico ou tecnológico, antes de sua construção ou sua operação em voo.

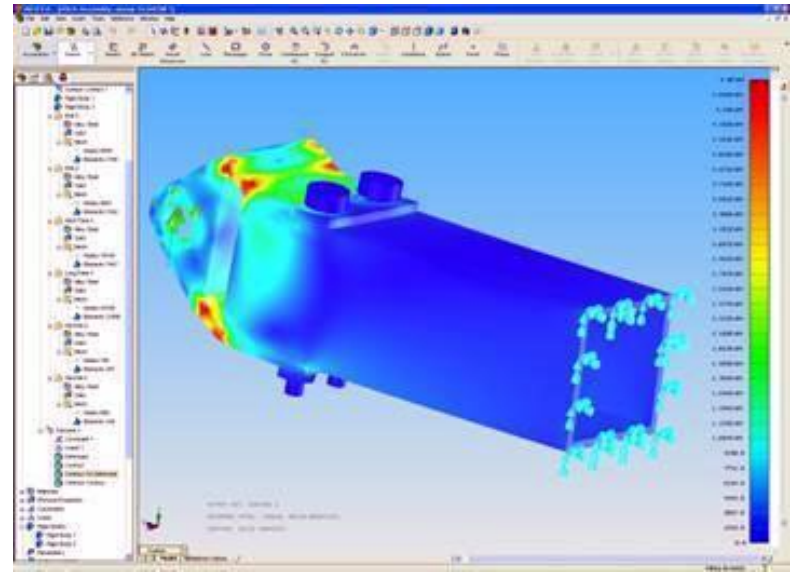
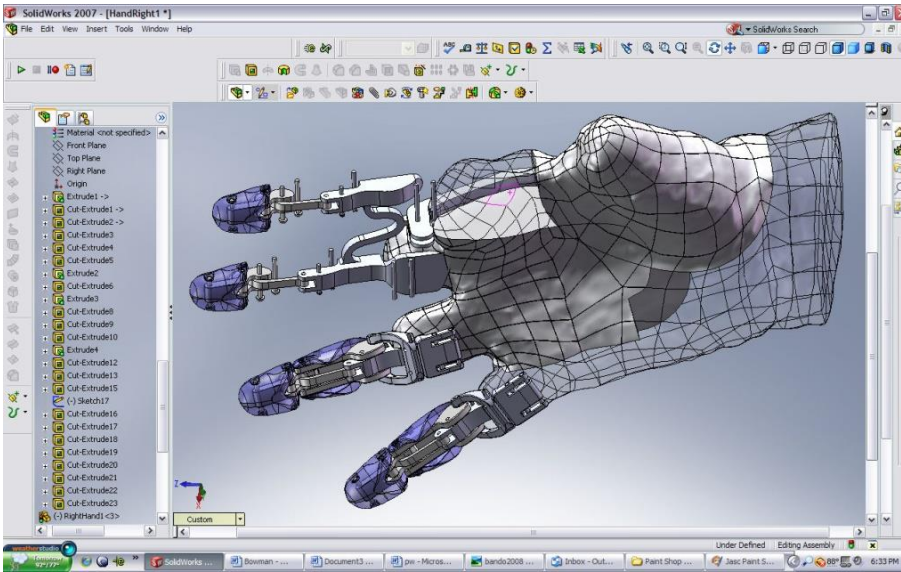
Lógico: Simulador Térmico



Objetivo:

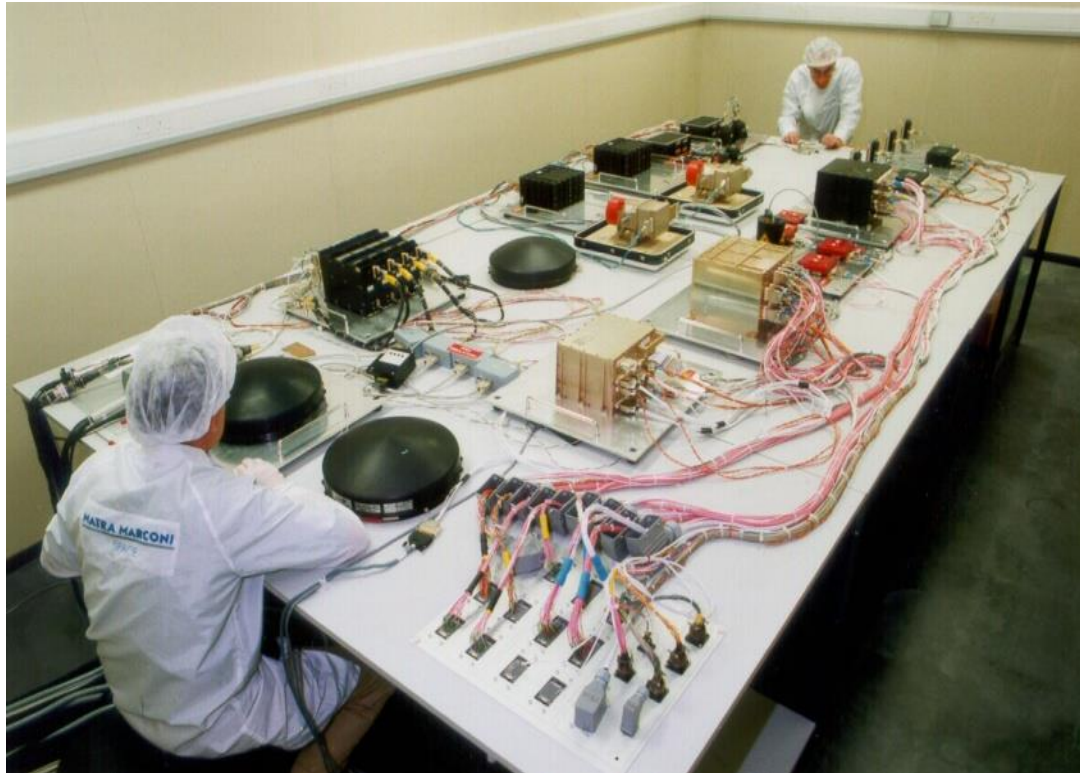
- analisar a distribuição de temperatura e o fluxo de calor nos subsistemas e equipamentos do satélite, através da definição de cenários de piores-casos. SindaFluente, PCTer (INPE)

Lógico: Simulador Estrutural



- Objetivo:**
- i. analisar a estrutura geral do satélite, a melhor distribuição dos equipamentos dentro do satélite, etc.. Ex.: Solid Works, Nastran e Ansys

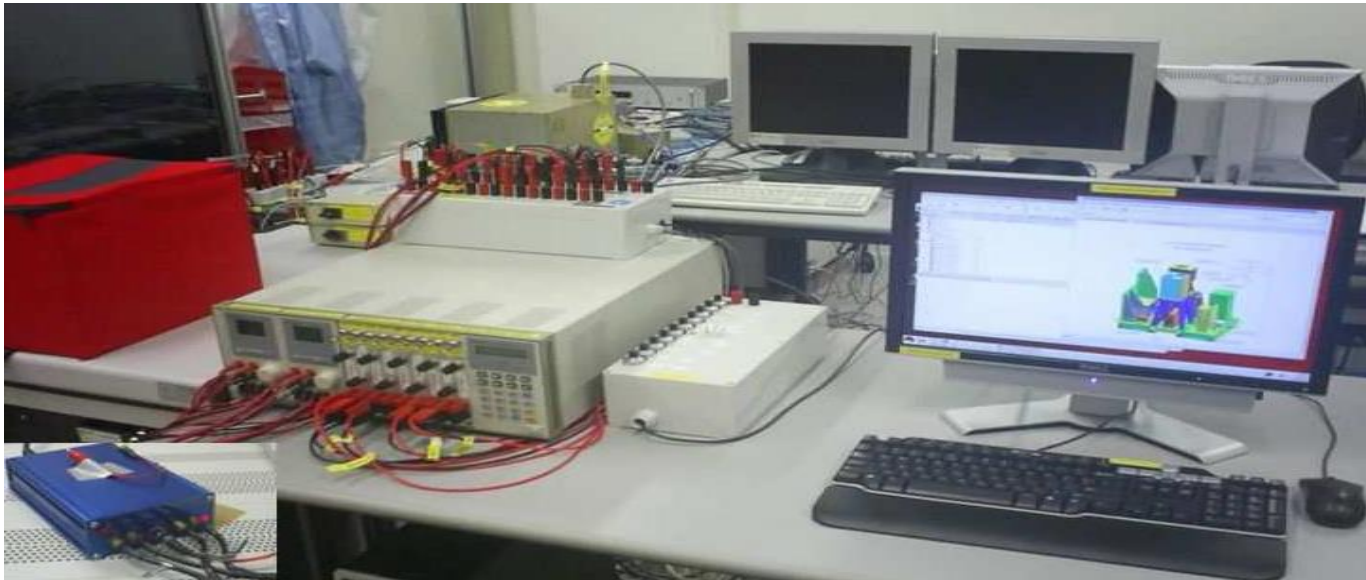
Lógico: Simulador de Tempo-real Avionic Test Bed ou Avionic Test Bench Simulator



Objetivo:

- i. prover funções em tempo real para validar o sistema com o hardware no loop, ou com um emulador do processador para rodar o software de bordo real.

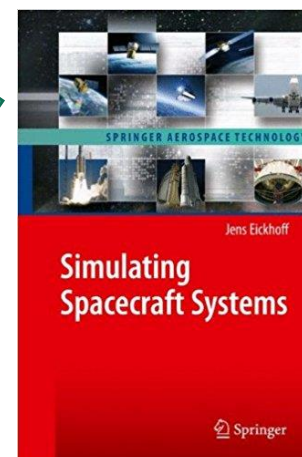
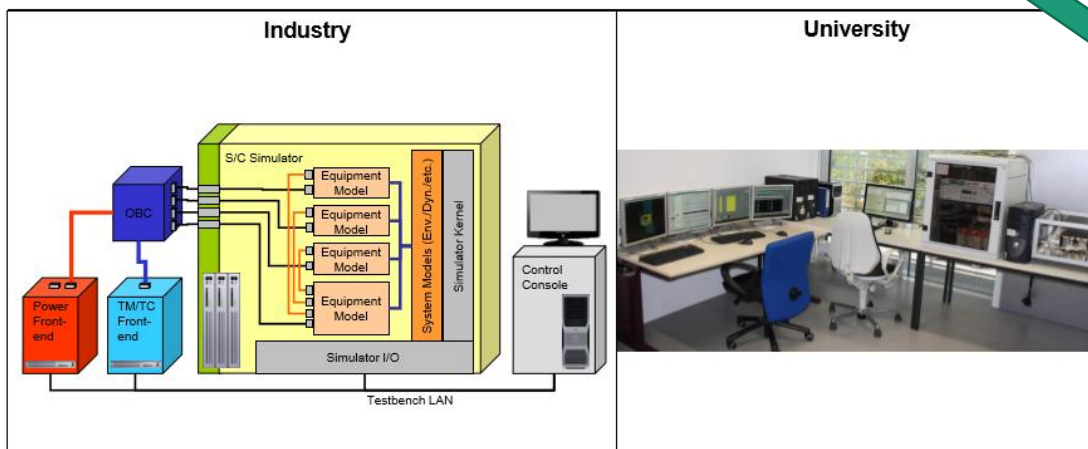
Lógico: Simulador de Tempo-Real Controle de Órbita e Atitude



Objetivo:

- i. analisar e testar soluções de AOCS, calibrar sensores e atuadores
- ii. Tipos de análises realizadas: margem de erro de apontamento, trade-off de diferentes soluções de projeto, performances do AOCS (análise paramétrica), degradações de performance devido à falha total ou parcial de componentes do subsistema de controle de órbita e atitude.
- iii. Composição: modelos de dinâmica de voo, ambiente espacial, inclui distúrbios. Pode conter sensores e atuadores em hardware e/ou software.

Lógico: Simulador de Tempo-real Software de Supervisão de bordo



Objetivos:

- Pode conter os modelos de dinâmica de voo e modelos dos subsistemas com os quais o OBDH interfaceia.
- Simulador de Tempo real pode conter Hardware-in-the-loop – quando o simulador inclui o hardware do computador de bordo, o simulador deve tratar os protocolos de comunicação entre os equipamentos dentro do CTEE satélite. Exemplo destes protocolos são: MIL-STD-1553, SpaceWire, PacketWire, UART.

Físico: Simuladores térmicos

Modelo Térmico de satélite japonês

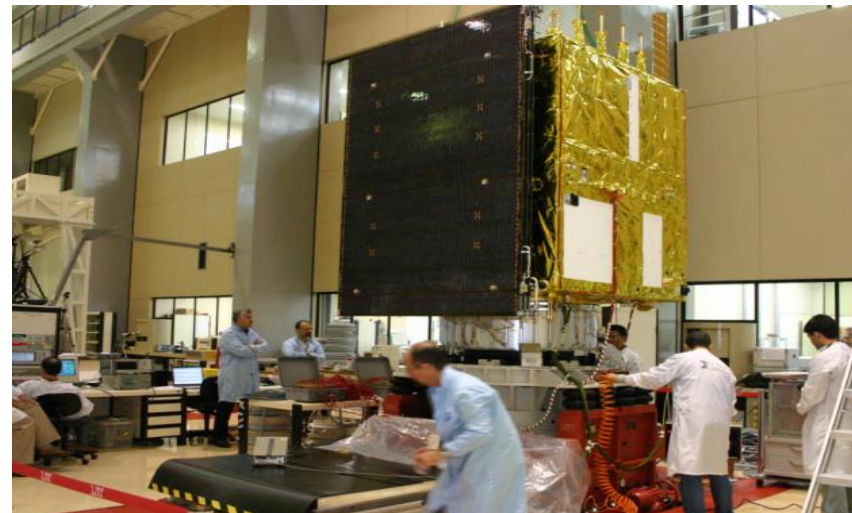
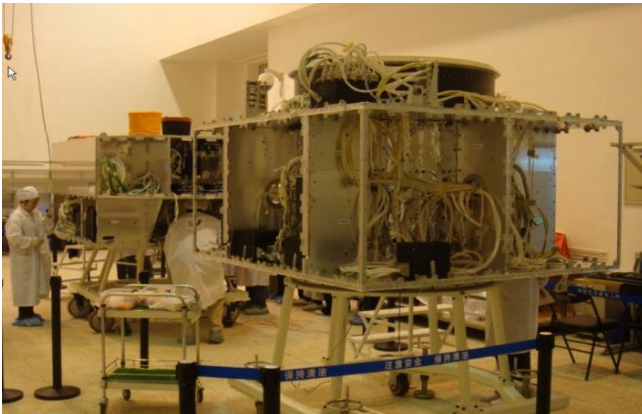


Modelo Termo-estrutural do CBERS-2B



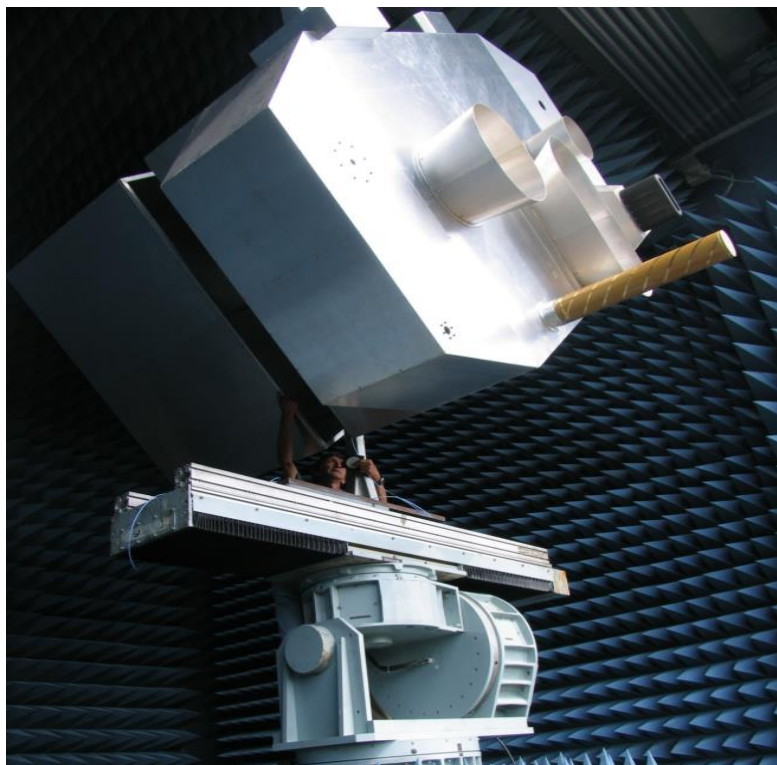
Modelo de Voo do satélite CBERS-2B

Modelo de Engenharia do Satélite CBERS-3



Físico: Simuladores radioelétricos e comunicação

Modelo RADIOELÉTRICO do CBER-3



RF Suitcase dos satélites SCD-1 e SCD-2



Simula a transmissão e recepção de sinais em RF dos satélites SCD-1 e SCD-2, para teste das antenas das estações terrenas.

Lógico: Simulador Operacional



Objetivos:

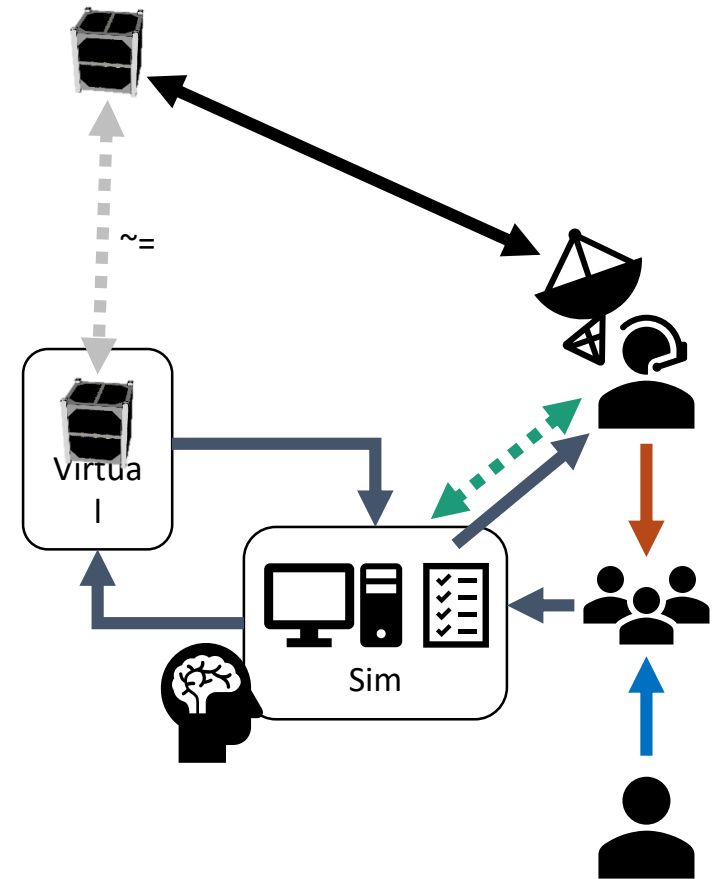
- i. validar o Segmento Solo completo e em particular, validar os procedimentos de operação de voo (procedimentos operacionais)
- ii. treinar equipes de controle da missão e equipes de estações terrenas

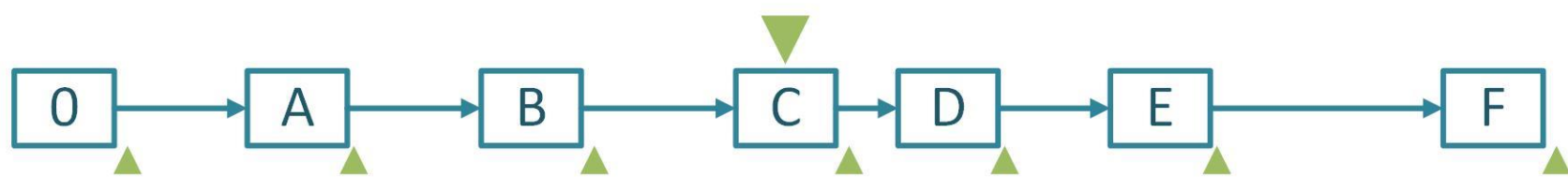
Ref.: Larry B. Rainey - Space Modeling and Simulation – roles and applications throughout the System Life Cycle. 2004.

Simuladores Operacionais no INPE

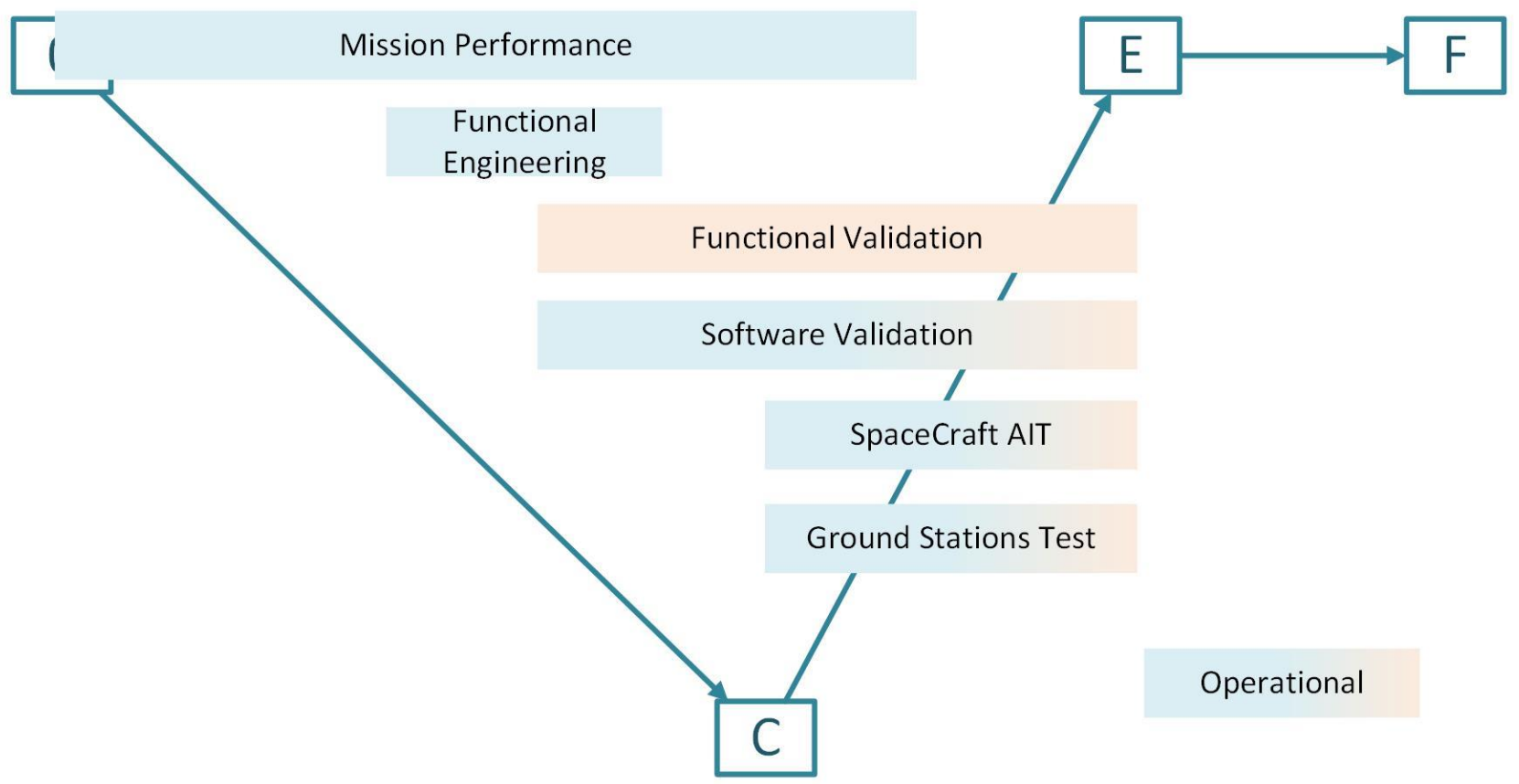
SIMS – to the SCDs	SIMC – To the CBERS	FBMSIM – To the FBM	SIMC3 – To the CBERS-3&4
<ul style="list-style-type: none"> • 1991 • Fortran • High Fidelity • High User Satisfaction 	<ul style="list-style-type: none"> • 1998 • C++ • Medium Fidelity • Medium User Satisfaction 	<ul style="list-style-type: none"> • 2002 • C++ • Medium Fidelity • User satisfaction not evaluated 	<ul style="list-style-type: none"> • Under development • C++ • High fidelity • In development

(AMBROSIO et al., 2006)

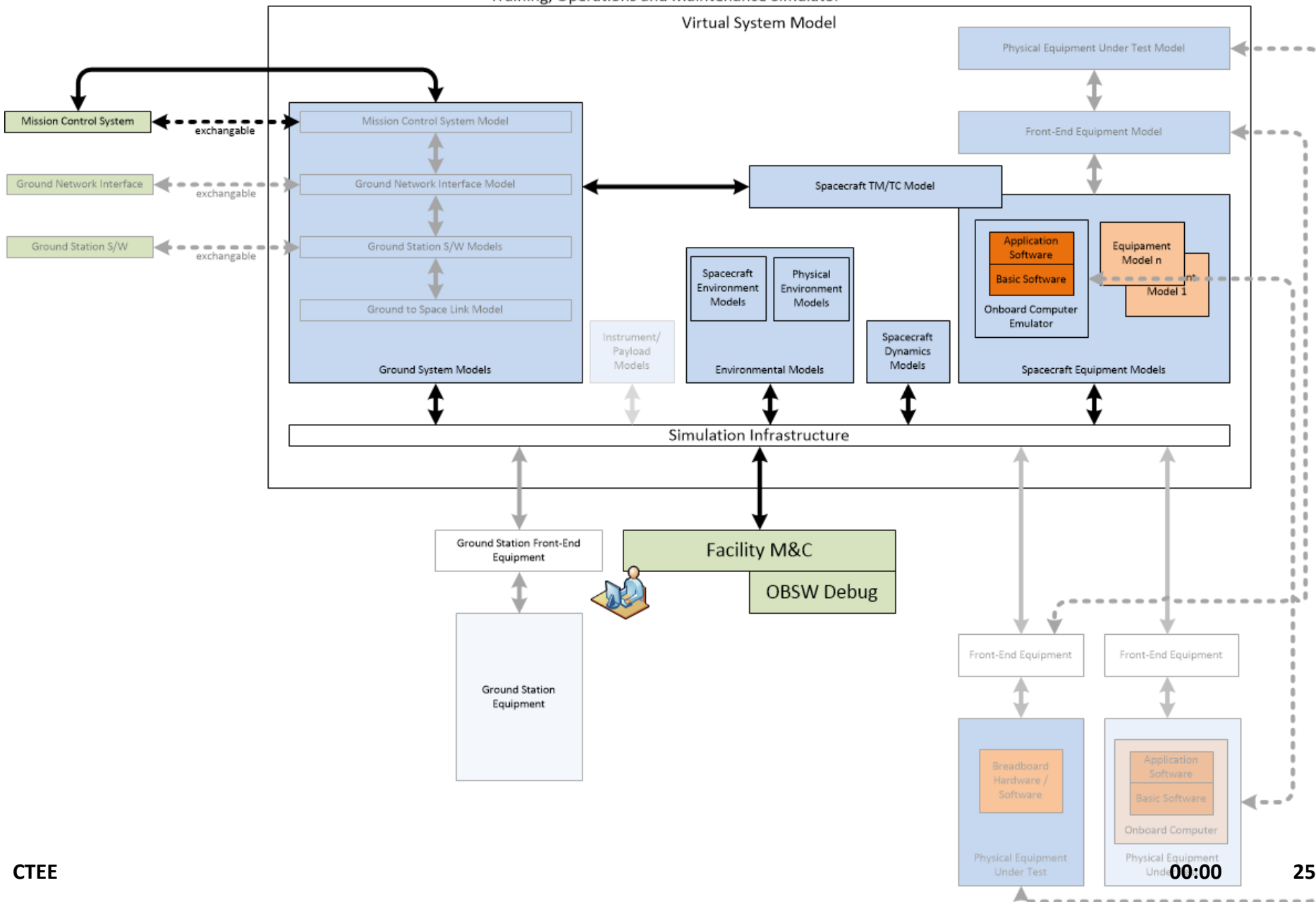




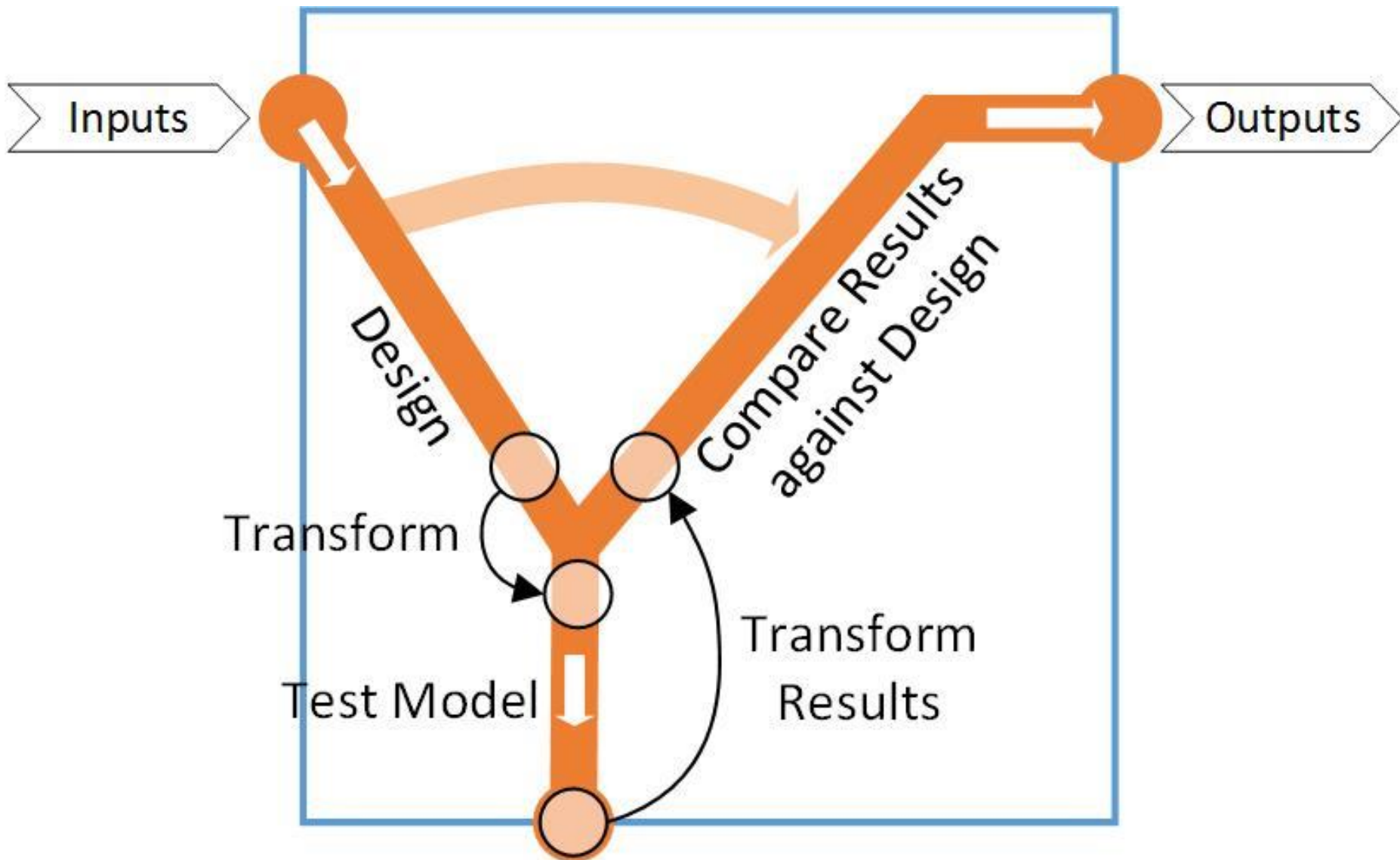
System Concept



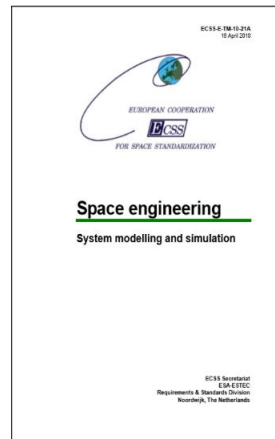
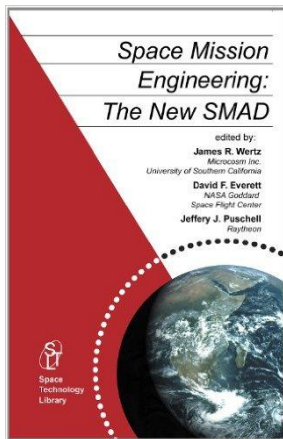
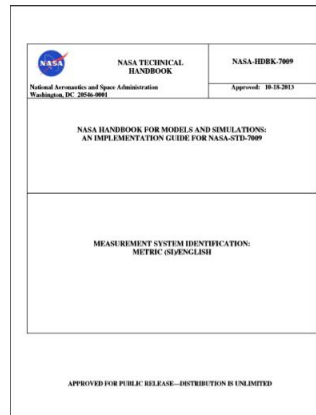
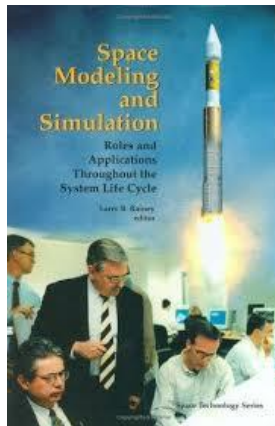
Training, Operations and Maintenance Simulator



Em cada simulador / de cada fase



Alguns “livros” da área:



- Não tem implementação
- Conceitos de organização
- Generalistas
 - Bom/ruim

Línguas comuns na construção de simuladores:

- C++
- Fortran
- Java
- Python