



IEA-P – DEPARTAMENTO DE PROJETOS
(PROJECT DEPARTMENT)

SIS-04 – Engenharia de Sistemas

[2024]

Prof. Dr. Christopher S. Cerqueira



PROF. DR. CHRISTOPHER SHNEIDER CERQUEIRA

chris@ita.br // christopher.Cerqueira@gp.ita.br

www.cscerqueira.com.br

Pode me encontrar na Ala 0 – 2011 ou no CONCEPTIO
LAB (1523)





ATIVIDADES



IEA-S – Departamento de Sistemas Espaciais

- SIS-02 – Gestão de Projetos (AER)
- SIS-04 – Engenharia de Sistemas (AER)
- SIS-08 – Verificação e Qualidade de Sistemas Aeroespaciais
- SIS-20 – Sistemas de Solo

IEA-P – Departamento de Projetos

- PRJ-XX – Gestão de Projetos (AER)
- PRJ-XX - Engenharia de Sistemas (AER)

CTE-E

- TE-265 – Engenharia de Sistemas baseada em Modelos
- TE-219 – Engenharia Simultânea



CONCEPTIO LAB

- Laboratório de Pesquisa em Concepção de Sistemas Complexos
 - Engenharia de Sistemas (CONOPS/REQ/VV)
 - Modelagem e Simulação (Técnicas de Jogos aplicados à Simulação)



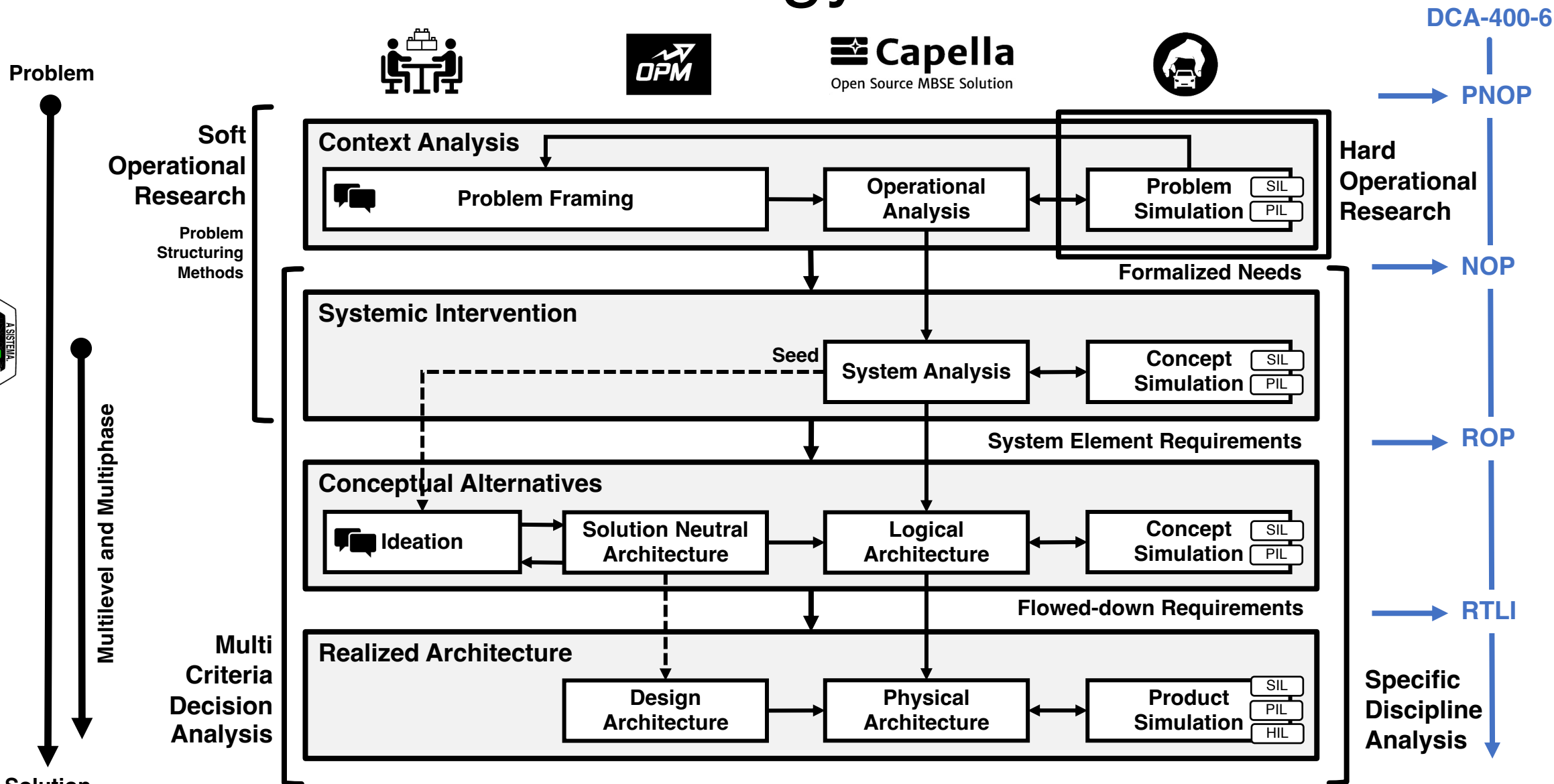
GP ESC – Grupo de Pesquisa em Engenharia de Sistemas e Complexidade



**Laboratório de Pesquisa em Concepção
de Sistemas Complexos**



MBSE MultiMethodology Framework (3MF)



*Apoio Técnico à
Projetos da
FAB*

Air Domain Study (ADS)

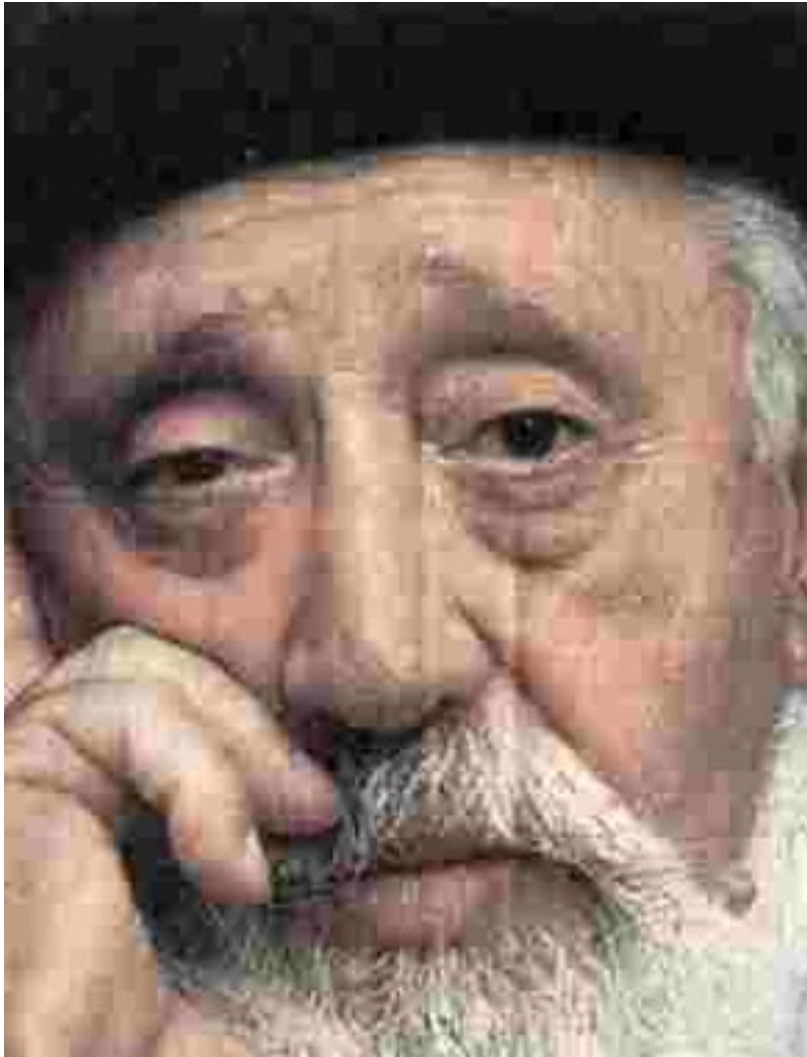
- *SIMUA*
- *VD*

*Projetos Curtos com
Empresas e outras
Organizações*



*Engenharia de
Missões baseada
em Modelos
(EMBM)*

*Arena de Pesquisa e
Demonstração Multidomínio
(System of Systems)*



A goal of education is. to assist growth toward greater complexity and integration and to assist in the process of self-organization - to modify individuals capacity to modify themselves.

— Reuven Feuerstein —

AZ QUOTES

[#escolasempartido](#)



REGRAS DA CASA

14/26

ICA 37-332/2017

3 DEVERES E DIREITOS DOS ALUNOS

3.1 DEVERES

São deveres dos alunos de graduação:

- a) comparecer, pontualmente, a todas as atividades escolares;
- b) apresentar, com pontualidade, todos os trabalhos escolares exigidos;
- c) dedicar-se exclusivamente às atividades escolares prescritas nesta Norma, salvo outras que venham a ser especificamente autorizadas pela autoridade competente;
- d) observar rigorosa probidade na execução dos trabalhos escolares;
- e) obedecer a todas as regras, normas, prescrições, instruções e ordens emanadas de autoridade competente; e
- f) apresentar-se sempre de maneira digna e correta, quer no Instituto, quer fora dele, de modo a manter elevado o conceito do ITA e da Aeronáutica.

3.2 DIREITOS

Ao aluno do Curso de Graduação do ITA é assegurado:

- c) a revisão de prova, desde que solicitada no prazo estabelecido em instrução própria, por escrito e devidamente fundamentada, à autoridade competente;
- i) recorrer de punição, por escrito, à autoridade do ITA que a aplicou e em última instância ao Reitor do ITA;



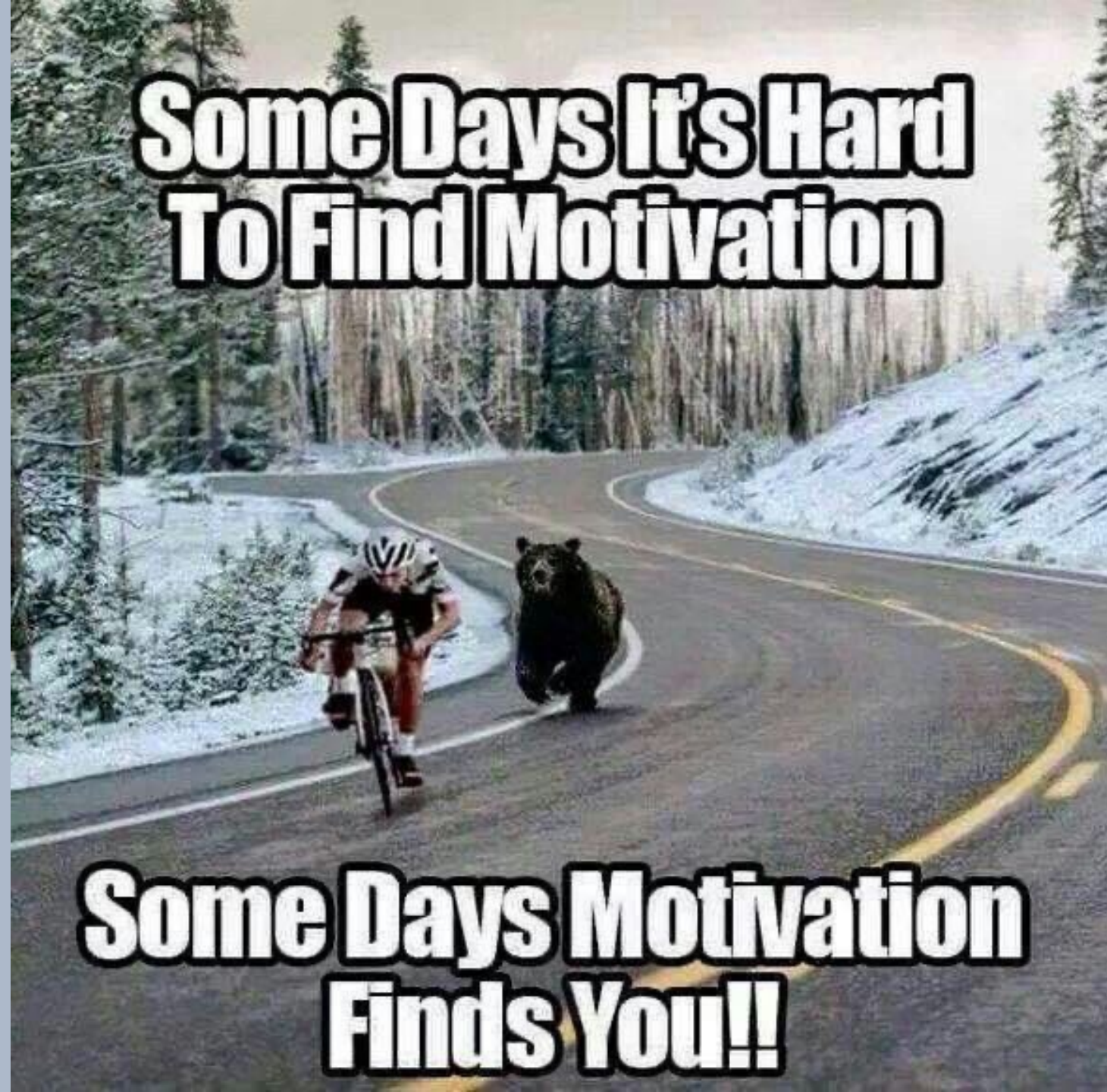
APRESENTAÇÕES

Quem são vocês?





MOTIVAÇÃO



**Some Days It's Hard
To Find Motivation**

**Some Days Motivation
Finds You!!**





■ MUAC







A aviação é mais do que o desenvolvimento de uma aeronave. É a capacidade de deslocamento/transporte em um ecossistema integrado com diferentes elementos que devem ser considerados para que as necessidades dos interessados sejam atendidas...



ESTRUTURA DO CURSO



SIS-04 – ENGENHARIA DE SISTEMAS. (HOJE)

ATUALIZANDO PARA SER
MAIS APLICADO À
AERONÁUTICA

- Horas semanais: 2-0-1-3. Pré-requisitos: Não há.
- Conceitos básicos: sistema, engenharia de sistemas, requisitos, funções, contexto, estrutura, comportamento. Arquitetura de sistemas: arquitetura funcional e arquitetura física. Noções de modelagem. Organização de projetos. O processo de engenharia de sistemas: análise de missão, análise das partes interessadas, engenharia de requisitos, análise funcional, análise de perigos, projeto de arquitetura, projeto detalhado. Noções de verificação e validação. Noções de controle de configuração.
- Bibliografia: EUROPEAN SPACE AGENCY. European cooperation on space standardization. Noordwijk: ECSS Pub: ESA Publications Division, 1996. LARSSON, W. et al. Applied space systems engineering. New York: McGrawHill, 2009. NASA. Systems engineering handbook. Houston: NASA, 1996. (SP6105).



PRJ-XX – ENGENHARIA DE SISTEMAS

- Horas semanais: 2-0-1-3. Pré-requisitos: Não há.
- Elementos básicos da Engenharia de Sistemas: funções, arquiteturas e visões, stakeholders, ciclo de vida, CONOPs, Requisitos, Verificação e Validação. Formas de Representação de sistemas: Diagramas clássicos (N2, IDEF0, Diagrama de Blocos, DFD) e utilização de linguagem de descrição de sistemas para manipulação dos elementos da Engenharia de Sistemas. Utilização de modelos e seu emprego no ciclo de vida: análise do contexto desejado pelos stakeholders, intervenção sistêmica, exploração de arquitetura conceitual e definição da arquitetura para a fase de desenvolvimento.
- Bibliografia: INCOSE. INCOSE Systems Engineering Handbook. John Wiley & Sons, 2023. Voirin, Jean-Luc. Model-Based System and Architecture Engineering with the Arcadia Method. Elsevier, 2017. Kossiakoff, Alexander, Steven M. Biemer, Samuel J. Seymour, and David A. Flanigan. Systems Engineering Principles and Practice. John Wiley & Sons, 2020.



REFERÊNCIAS TEÓRICAS

- **INCOSE. INCOSE Systems Engineering Handbook. John Wiley & Sons, 2023.**
- ISO/IEC/IEEE, 15288-2023 - ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and Software Engineering--System Life Cycle Processes, 2023.
- Voirin, Jean-Luc. Model-Based System and Architecture Engineering with the Arcadia Method. Elsevier, 2017.
- Friedenthal, Sanford, Alan Moore, and Rick Steiner. A Practical Guide to SysML. Elsevier, 2011.
- Kossiakoff, Alexander, Steven M. Biemer, Samuel J. Seymour, and David A. Flanigan. Systems Engineering Principles and Practice. John Wiley & Sons, 2020.



LEARN

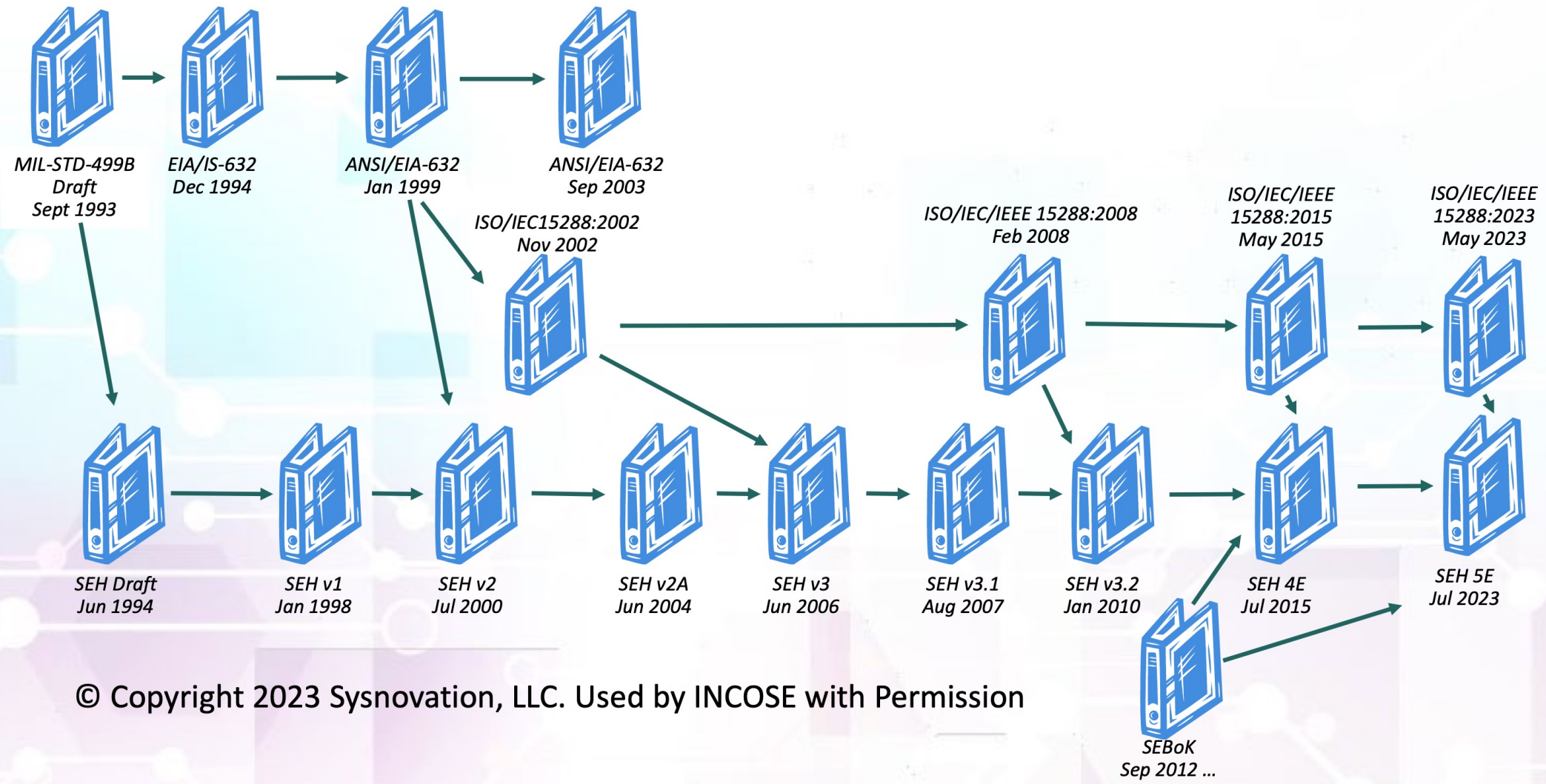
Enhance your knowledge through collaboration, research,
& education

LEARN HERE.

**INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEMS
ENGINEERING**



INCOSE Systems Engineering Handbook (SEH) History



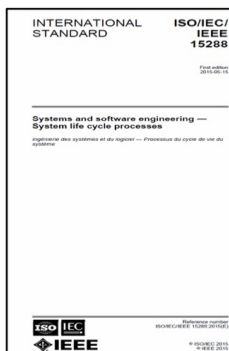
© Copyright 2023 Synovation, LLC. Used by INCOSE with Permission



Three Main SEH Inputs

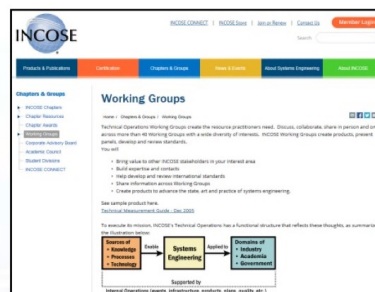
ISO/IEC/IEEE 15288 standard

- Developed by the consensus of SE experts from government, industry, and academia
- Defines a set of processes and associated terminology



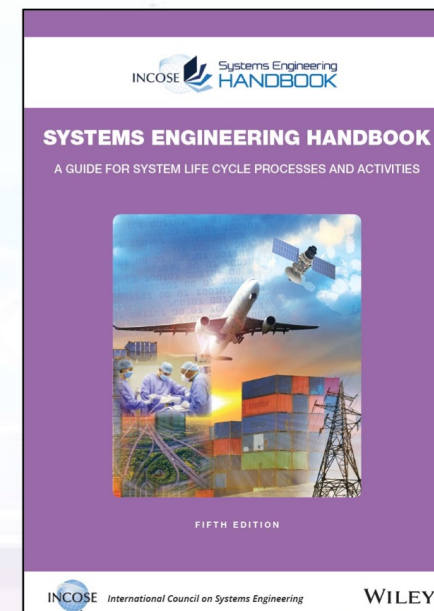
INCOSE Working Groups

- Subject Matter Experts from the INCOSE technical community serve as section authors
- Handbook includes summaries and pointers to INCOSE Working Group products



SE Body of Knowledge (SEBoK)

- Reflects the state-of-the-knowledge of Systems Engineering
- Provides a widely accepted, community-based, and regularly updated wiki-based baseline of SE knowledge





REFERÊNCIAS AERONÁUTICAS

- SAE, Guidelines for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Aircraft, Systems, and Equipment ARP4761A - <https://www.sae.org/standards/content/arp4761a/>
- SAE, Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems ARP4754B - <https://www.sae.org/standards/content/arp4754b/>
- ANAC, RBAC - Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil - <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac>
- ANAC, ADVANCED AIR MOBILITY, Panorama e Perspectivas - <https://www.gov.br/anac/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-arquivos/aam-panorama-2023.pdf>
- DECEA, Conceção Operacional UTM Nacional - <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/dca-351-6>
- DECEA, Conceção Operacional ATM Nacional - <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/DCA-351-2>
- DECEA, Conceção Operacional UAM Nacional - <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/DCA-351-7?prelor=true>
- EASA, Specific Operations Risk Assessment (SORA) - <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/specific-category-civil-drones/specific-operations-risk-assessment-sora>. [/// https://www.youtube.com/watch?v=sq7wozIzXBM](https://www.youtube.com/watch?v=sq7wozIzXBM)
- CORUS - U-Space CONOPs - <https://corus-xuam.eu/new-u-space-conops/>



OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- OA-1 - Ser capaz de aplicar o pensamento sistêmico como ferramenta de engenharia para o desenvolvimento de sistemas do domínio aéreo.
 - OA-1.01 - Ser capaz de representar a arquitetura de um sistema.
 - OA-1.02 - Ser capaz de escrever requisitos de um sistema.
 - OA-1.03 - Ser capaz de modelar (e simular) um sistema.



ENSINO BASEADO EM PROJETOS

PROJECT BASED LEARNING



COMO SERÁ...

- Engenharia de Sistemas pode ser aplicada em qualquer nível.
- Nosso estudo de caso será um Sistema Complexo
 - Cada grupo vai pegar parte desse sistema.
- De forma a exercitar, vamos assumir que o nível estratégico já criou um conceito de alto nível.



DISCLAIMER



As visões expressadas são do autor do material e não refletem uma política ou posição da Força Aérea Brasileira, Ministério da Defesa, Governo Brasileiro ou do Instituto Tecnológico de Aeronautica.





Motivador cooperativo: Sistema de transporte aéreo (pessoas/coisas) de curta/média distância em área urbana. Cada grupo vai fazer uma variação.

Grupo 01 – Transportador de carga (hub-hub)

Grupo 02 – Transportador de suprimento hospitalar.

Grupo 03 – Transportador de pessoas.

Grupo 04 – Transportador de pessoas em emergência (Ambulância / bombeiro)

Grupo 05 – Transportador de carga (hub-cliente)

Todos os grupos vão compartilhar e harmonizar a gestão de tráfego aéreo urbana (UAM - Urban Air Mobility)

Todos os grupos devem buscar os conceitos de tecnologias verdes.



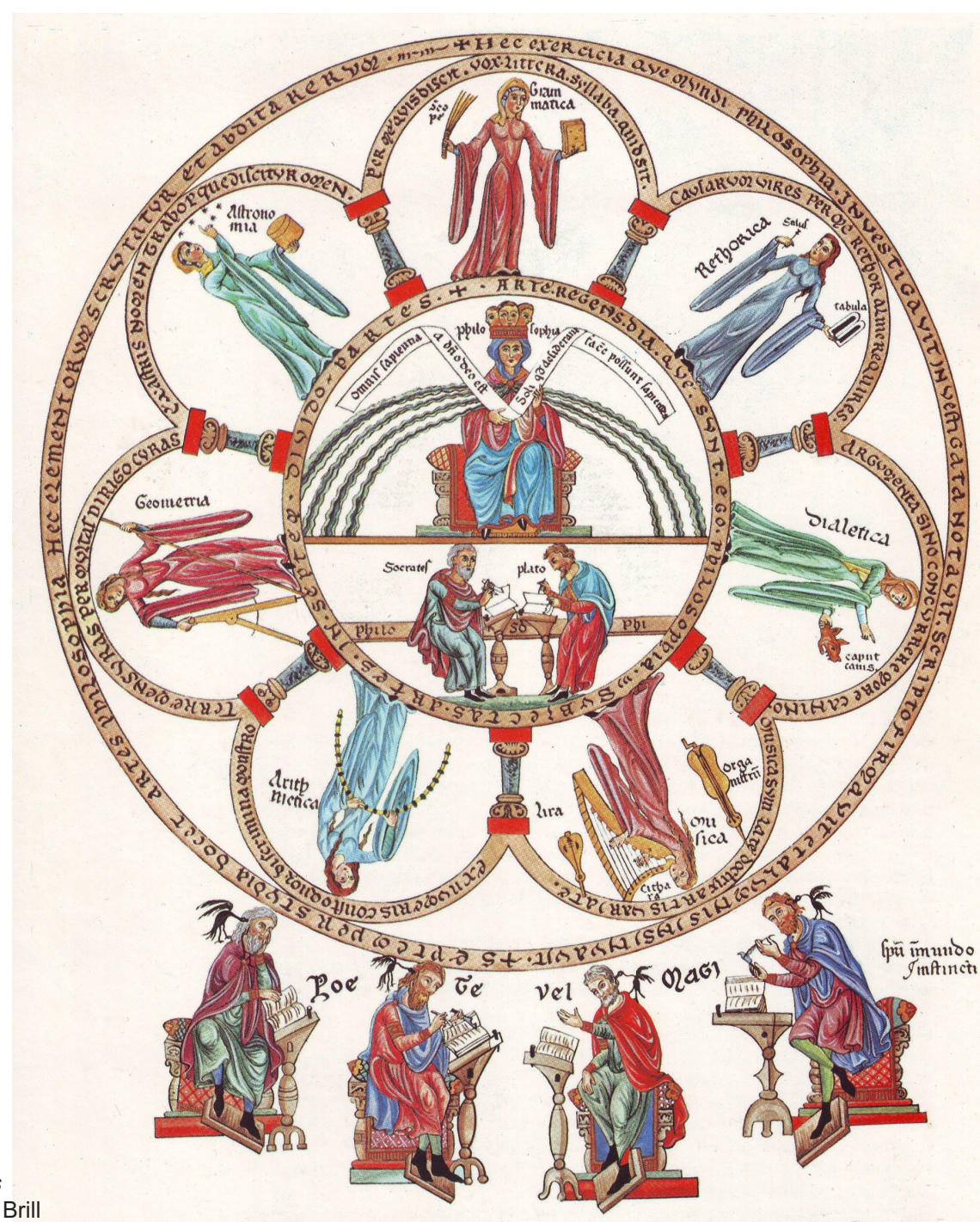
CRONOGRAMA



HORTUS DELICIARIUM

(GARDEN OF DELIGHTS)

- Texto compilado pela Irmã Herrad de Landsberg (1167).
- Foi usado como modelo pedagógico para jovens noviças nos conventos.
- *Philosophia et septem artes liberales* (Filosofia e as sete artes liberais)



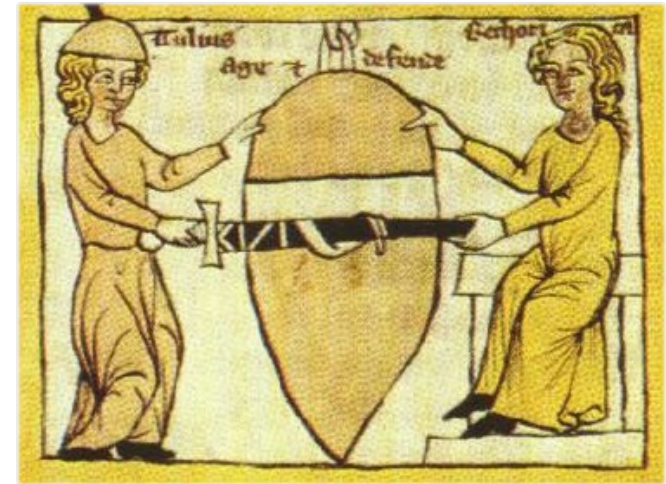
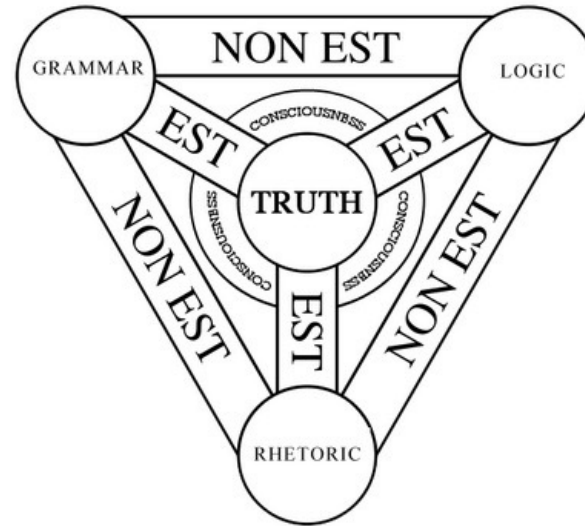


TRIVIUM E QUADRIVIUM

- O **trivium** é a parte, formada por: gramática, lógica e retórica. O Trivium é o estudo da transmissão da verdade (linguagem).
 - Gramática é a arte de inventar símbolos (signos) e suas combinações
 - Lógica é a arte do pensamento, estruturando sequência de combinações.
 - Retórica é a arte da comunicação, adaptando a lógica à circunstância.
- O **quadrivium** é a parte superior, formada por: aritmética, geometria, música e astronomia. O Quadrivium é o estudo do número e sua relação de espaço/tempo.
 - Aritmética é o estudo dos números.
 - Geometria é o estudo da representação espacial.
 - Música é o estudo do tempo.
 - Astronomia é o estudo do espaço-tempo.



TRIVIUM



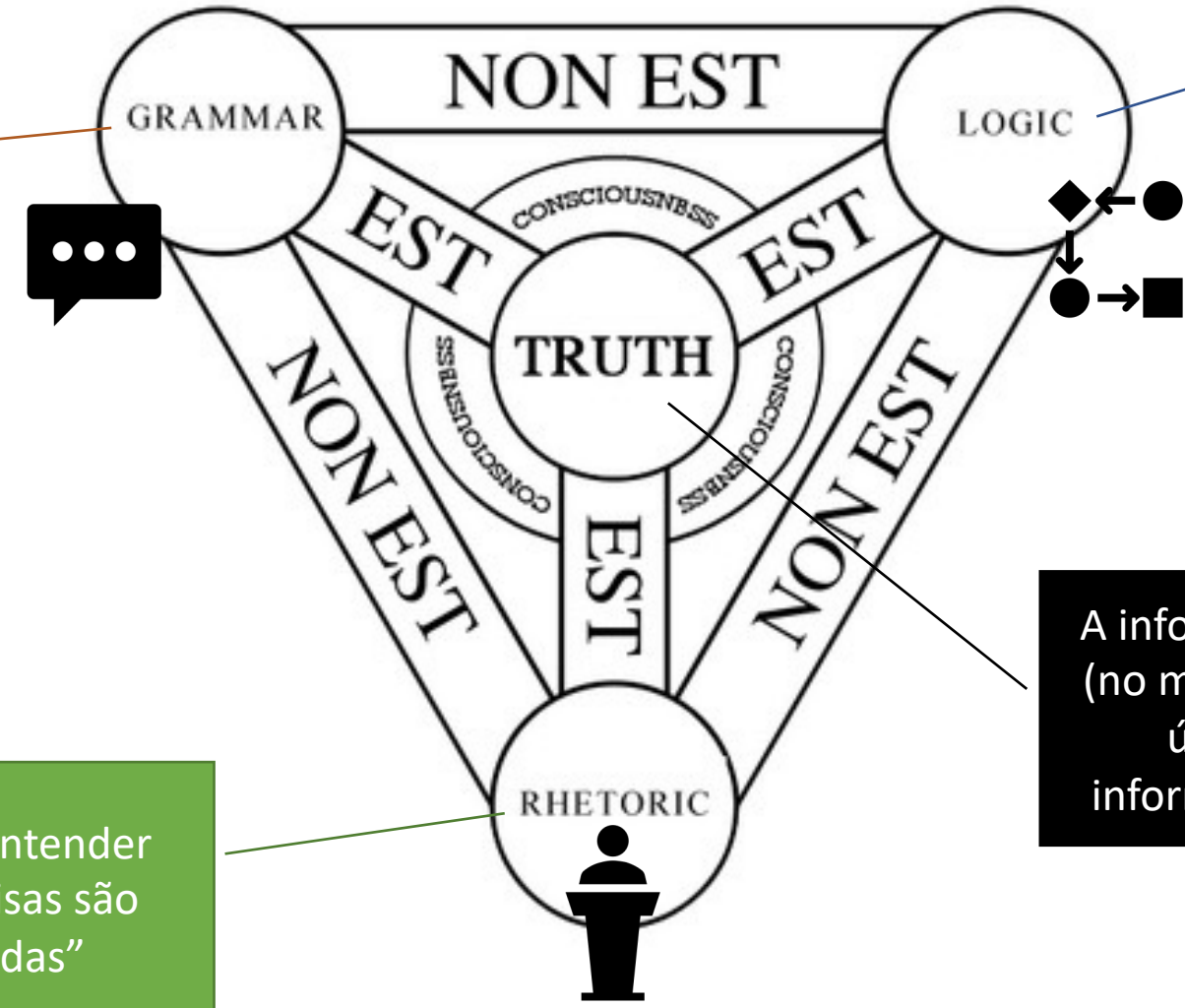


TRIVIUM E ESSE CURSO

Precisamos entender "como as coisas são representadas"

Precisamos entender "como as coisas são conhecidas"

Precisamos entender "como as coisas são comunicadas"



A informação integrada (no modelo) deve ser a única fonte de informação (verdade).



| | SEMANA | TEORIA | INDIVIDUAL | PESO | GRUPO | PESO |
|--|-----------|---|--|-------------|--|-------------|
| | 1 | Estrutura do Curso e Apresentações Pessoais | | | | |
| | 04-Mar | O que é Engenharia de Sistemas? INCOSE | AI-01 - Leitura/Resumo Cap 1 - HB INCOSE | 5% | AG-01 - Entrega dos grupos. | 0% |
| | 08-Mar | Contexto: Aeronave x Sistemas do Dom. Aéreo | | | | |
| | 2 | Gramática: Representações clássicas | | | | |
| | 11-Mar | | AI-02 - Leitura/Resumo paper sobre representações clássicas. | 5% | AG-02 - | 0% |
| | 15-Mar | Lógica: Diagrama de Blocos | | | | |
| | 3 | Gramática: Arquitetura e Visões | | | | |
| | 18-Mar | Gramática: Funções | AI-03 - Exercícios sobre arquitetura funcional e diagrama de blocos. | 5% | AG-03 - Resumo sobre arquitetura funcional. | 10% |
| | 22-Mar | Lógica: Diagrama de Classes | | | | |
| | 4* | Gramática: Stakeholders | | | | |
| | 25-Mar | Gramática: Ciclo de Vida e CONOPS | AI-04 - Exercícios sobre diagrama de casos de uso | 5% | AG-04 - Resumo sobre stk, ciclo de vida e CONOPS | 10% |
| | 29-Mar | Lógica: Diagrama de Casos de Uso | | | | |
| | 5 | Gramática: Requisitos | | | | |
| | 01-Apr | Gramática: Verificação e Validação | AI-05 - Exercício de escrita de requisitos. | 10% | AG-05 - Resumo sobre requisitos vindos da parte de segurança (safety) do RBAC. | 10% |
| | 05-Apr | Contexto: ANAC (RBACs) | | | | |
| | 6 | Lógica: Diagrama de Estados | | | | |
| | 08-Apr | | AI-06 - Exercício sobre diagrama de estados. | 10% | AG-06 - Revisita do CONOPs do DECEA usando storyboards | 15% |
| | 12-Apr | Contexto: DECEA (ICAs/DCAs) | | | | |
| | 7 | Lógica: Diagrama de Sequência | | | | |
| | 15-Apr | | AI-07 - Exercício sobre diagrama de sequencia. | 0% | AG-07 - Representação do CONOPs usando Diagrama de Sequencia. | 20% |
| | 19-Apr | Temas do projeto do segundo semestre e P1 | | | | |
| | 8 | P1 | | | | |
| | 22-Apr | | AI-08(P1) - Teoria e linguagem (Pres/Consulta - sem chatGPT) | 60% | AG-01(P1) - Apresentação Gravada: 20min | 40% |
| | 26-Apr | | | | | |
| | | | | 100% | | 105% |



| | SEMANA | TEORIA | INDIVIDUAL | PESO | GRUPO | PESO |
|----------------------|---|--|--|-------------|---|-------------|
| Aplicação e Retórica | 9 | MBSE: Método Arcadia | AI-09 - Resumo sobre o documento da SAE contextualizado ao projeto | 5% | AG-09 - | 0% |
| | 06-May | | | | | |
| | 10-May | Contexto: SAE | | | | |
| | 10 | Retórica: Análise do Contexto | AI-10 - Resumo sobre o SORA contextualizado ao projeto | 10% | AG-10 - Preparar a Análise de Contexto | 10% |
| | 13-May | | | | | |
| | 17-May | | | | | |
| | 11 | Apresentação da Análise do Contexto (15min) | AI-11 - Resumo sobre o CORUS contextualizado ao projeto | 10% | AG-11 - Preparar a Intervenção Sistêmica | 10% |
| | 20-May | Retórica: Intervenção Sistêmica | | | | |
| | 24-May | | | | | |
| | 12* | Apresentação da Intervenção Sistêmica | AI-12 - Resumo sobre a DCA-400-6 na parte de concepção contextualizado ao projeto. | 10% | AG-12 - Escrever os requisitos do nível de sistema e gerar o documento de requisitos. | 20% |
| | 27-May | Retórica: Representando requisitos | | | | |
| | 31-May | M2DOC | | | | |
| | 13 | Apresentação dos Requisitos e Geração de Doc | AI-13 - | 0% | AG-13 - Preparar a decomposição funcional e requisitos de subsistemas | 30% |
| | 03-Jun | Retórica: Arquitetura Conceitual | | | | |
| | 07-Jun | | | | | |
| | 14 | Apresentação da Arquitetura Coneitual | AI-14 - | 0% | AG-14 - Preparar a solução a ser construída, explicando como vai ser instrumento. | 30% |
| 10-Jun | Retórica: Arquitetura Concreta | | | | | |
| 14-Jun | | | | | | |
| 15 | Apresentação da Arquitetura Concreta | AI-15 - | 0% | AG-15 - | 0% | |
| 17-Jun | Visita ao Laboratório e Encerramento do Curso e | | | | | |
| 21-Jun | discussão sobre P2 | | | | | |
| 16 | P2 | AI-16(P2) - Simulado ASEP (Pres/Consulta - sem chatGPT) | 70% | AG-16 - | 0% | |
| 24-Jun | | | | | | |
| 28-Jun | | | | | | |
| | | | | 105% | | 100% |
| | EXAME | Grupo: Escrita de artigo (min 6pgs / max 10pgs) e Apresentação Gravada (max. 20min), relatando o case do seu grupo no padrão do SIGE. | | | | 100% |
| | 01-Jul | | | | | |
| | 12-Jul | | | | | |



NO CALENDÁRIO





METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

| B1 - IND (40%) | AI-01 | AI-02 | AI-03 | AI-04 | AI-05 | AI-06 | AI-07 | AI-08(P1) | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------------|
| | 5,0% | 5,0% | 5,0% | 5,0% | 10,0% | 10,0% | 0,0% | 60,0% | 100% |
| | 0,5% | 0,5% | 0,5% | 0,5% | 1,0% | 1,0% | 0,0% | 6,0% | 10% |
| B1 - GRU (60%) | AG-01 | AG-02 | AG-03 | AG-04 | AG-05 | AG-06 | AG-07 | AG-08(P1) | |
| | 0,0% | 0,0% | 10,0% | 10,0% | 10,0% | 15,0% | 20,0% | 40,0% | 105% |
| | 0,0% | 0,0% | 1,5% | 1,5% | 1,5% | 2,3% | 3,0% | 6,0% | 16% |
| | | | | | | | | Total no semestre: | 26% |

| B2 - IND (40%) | AI-09 | AI-10 | AI-11 | AI-12 | AI-13 | AI-14 | AI-15 | AI-16 (P2) | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------------|
| | 5,0% | 10,0% | 10,0% | 10,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 70,0% | 105% |
| | 0,5% | 1,0% | 1,0% | 1,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 7,0% | 11% |
| B2 - GRU (60%) | AG-09 | AG-10 | AG-11 | AG-12 | AG-13 | AG-14 | AG-15 | AG-16 (P2) | |
| | 0,0% | 10,0% | 10,0% | 20,0% | 30,0% | 30,0% | 0,0% | 0,0% | 100% |
| | 0,0% | 1,5% | 1,5% | 3,0% | 4,5% | 4,5% | 0,0% | 0,0% | 15% |
| | | | | | | | | Total no semestre: | 26% |
| Exame (100%) | 100% | | | | | | | | |
| | 50% | | | | | | | Total no Ano: | 101% |



CONSIDERAÇÕES FINAIS



Expert System Engineering Architecture...

Boeing · São José dos Campos, São Paulo, Brasil

Aplicar ↗

Salvar



Preferred Qualifications (Education/Experience):

- System engineering work experience (desirably in HVAC, or ECS, or automotive cooling/heating systems);
- Experience in Model based design or Model based system engineering.
- Experience in traditional engineering analytical methods and Aerospace/Industry Standards (SAE ARP 4754A, SAE ARP 4761, RTCA DO-160, RTCA DO-178, RTCA DO-331, etc).
- Master's Degree, or PhD or equivalent degree in engineering, computer science, mathematics, physics, or chemistry;
- System engineering work experience, including supplier selection and product development;
- Requirements configuration management tools (DOORS).
- Experience with one or more of the following programming tools (Cameo® – SysML, MBSE-Capella®, Matlab® – Simulink® and/or Simscape® Toolboxes, FloMaster®, AMESim®, Python® etc.)

Relocation:

ENGENHEIRO(A) DESENVOLVIMENTO D...

Embraer · São José dos Campos, São Paulo, Bra...

Aplicar ↗

Salvar



Como Será o Seu Dia a Dia

Como integrante do time as responsabilidades e atribuições são de:

- Captura e desdobramento de requisitos com o uso de ferramentas de modelagem e simulação;
- Modelagem e simulação de sistemas aeronáuticos de comandos de voo, piloto automático e navegação e lógicas de controle desses sistemas;
- Testes e avaliações das lógicas propostas em ambiente de simulador com piloto no loop;
- Análise de problemas gerais e proposta de soluções e modificações ao produto.

Requirements And Qualifications

Para este desafio, você precisa ter:

- Superior completo em Engenharia Elétrica, Eletrônica e/ou Controle e Automação com CREA ativo ou ter as documentações necessárias para obter;
- Inglês avançado para leitura, escrita e conversação;
- Experiência prévia em modelagem e simulação usando Matlab/Simulink e/ou outra ferramenta de modelagem ou programação.