



IEA-P – DEPARTAMENTO DE PROJETOS
(PROJECT DEPARTMENT)

Revisão / Introdução à Engenharia de Sistemas

[2024]

Prof. Dr. Christopher S. Cerqueira



Sumário da aula

 Início de tudo

3

 Bases do pensamento sistêmico

7

 Sistema

12

 Engenharia de Sistemas é...

22

 Linguagem da Engenharia de Sistemas

41

 enhanced Function Flow Block Diagram (eFFBD)

50

 Data Flow Diagram (DFD)

72

 N2 (N-Squared)

79



Início de tudo



E NO INICIO SÓ EXISTIA O CAOS



***“No início havia apenas o
Caos, a Noite, o Érebus
escuro e o Tártaro
profundo. A Terra, o ar e o
céu não tinham existência.”***

[Aristophanes, Birds, line 685 \(tufts.edu\)](https://www.tufts.edu/~aristophanes/birds/line685.html)

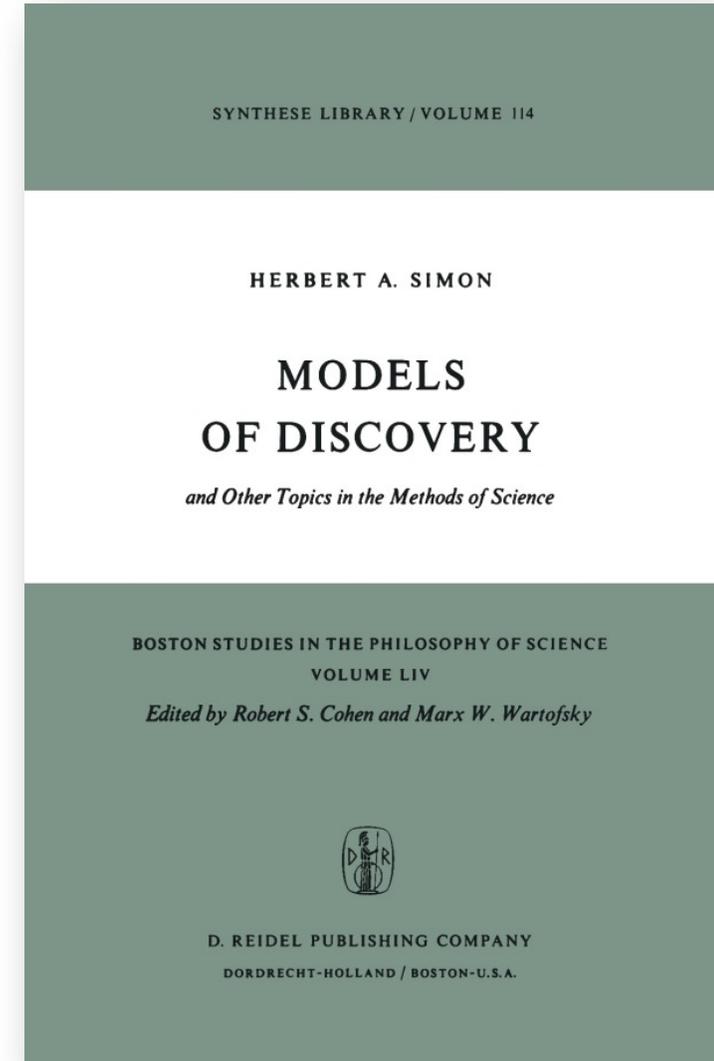


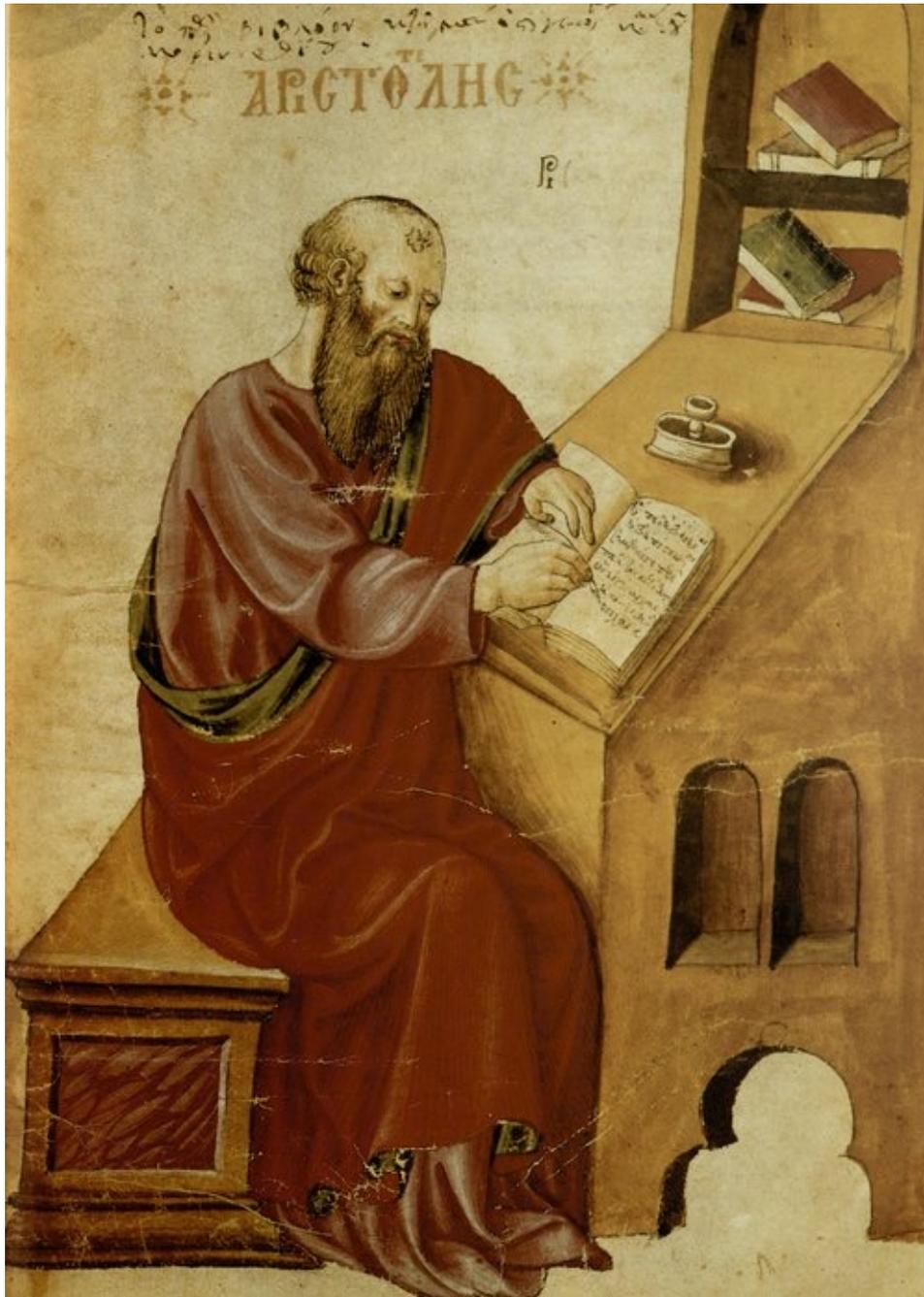
A história da civilização é sobre entender e modelar o caos



Figure 1 – The Flammarion woodcut (19th Century), illustrating the Flat-Earth cosmology. Seen from the observer's village, the Earth seems flat, as encountered in everyday experience. However, just to the left, a “curious” fellow decides to breach the sphere of the fixed stars to sneak a peek at the mechanisms that move the Sun, Moon and planets.

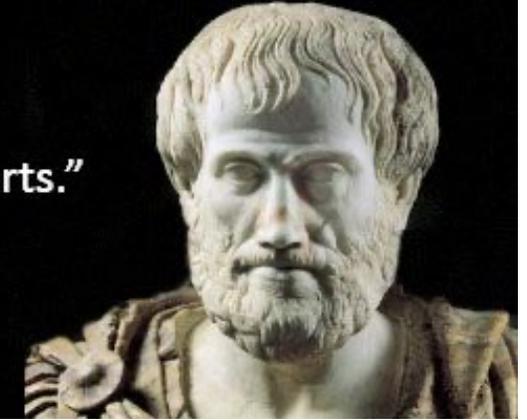
<https://doi.org/10.1590/S0103-40142006000300022>





"The whole is greater
than the sum of its parts."

-Aristotle



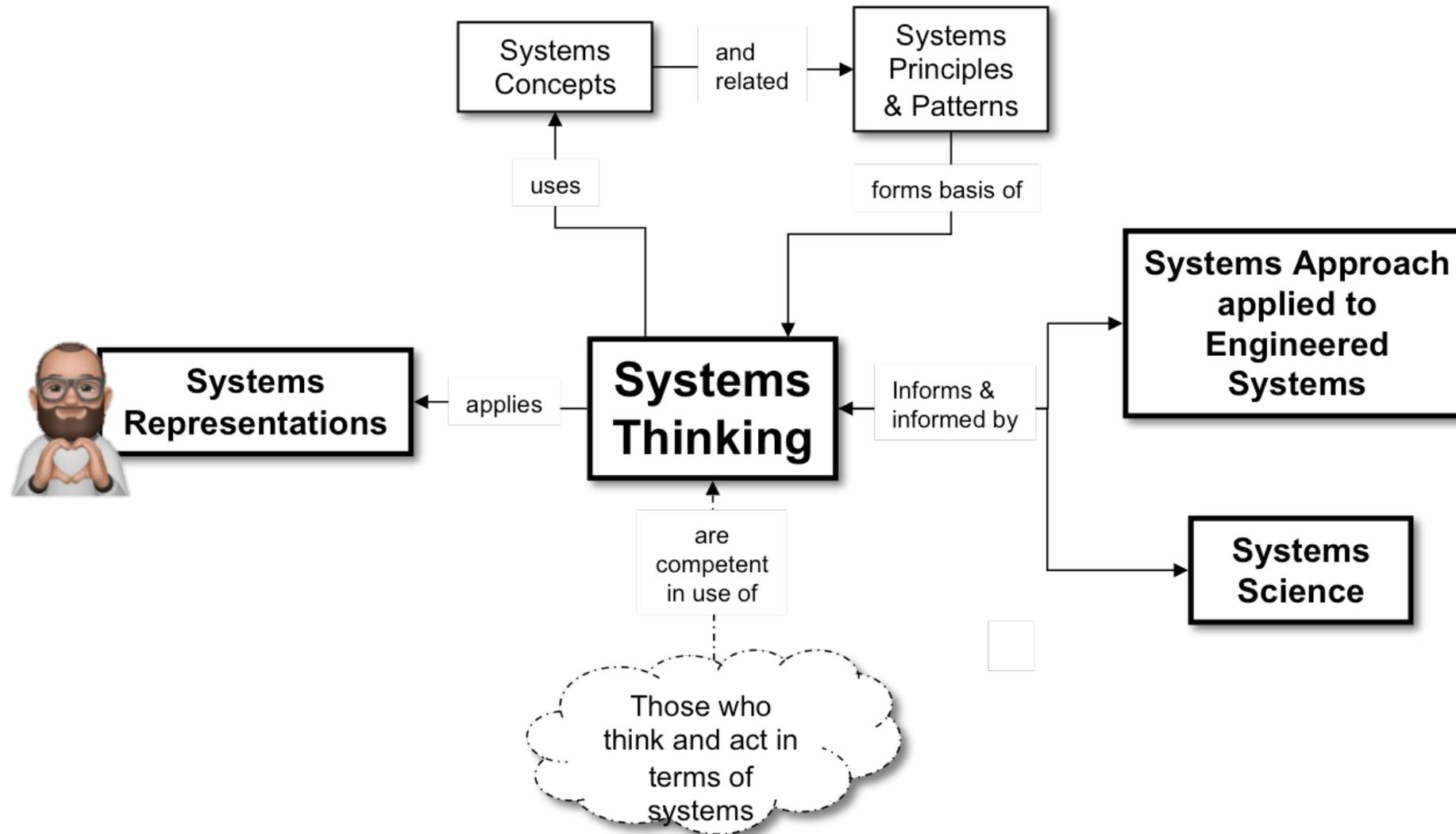
"... que **o todo não é o mesmo que a soma de suas partes** são úteis para atender ao tipo que acabamos de descrever; pois um homem que define dessa maneira parece afirmar que as partes são as mesmas que o todo. Os argumentos são particularmente apropriados nos casos em que o processo de juntar as partes é óbvio, como em uma casa e outras coisas desse tipo: pois lá, claramente, **você pode ter as partes e ainda não ter o todo, de modo que partes e todo não podem ser os mesmos.** [4]



Bases do pensamento sistêmico



Pensamento sistêmico



[Concepts of Systems Thinking - SEBoK \(sebokwiki.org\)](#)



[Principles of Systems Thinking - SEBoK \(sebokwiki.org\)](#)





Pensamento sistêmico

*“uma disciplina para **ver o todo...** um framework para **ver interrelações** em vez de partes ... um processo de **descoberta e diagnóstico** ... e uma sensibilidade para a **sutil interconexão** que dá aos sistemas seu caráter único”*



CONCEITOS

https://sebokwiki.org/wiki/Concepts_of_Systems_Thinking

Totalidade e
Interação

Regularidade

Estado e
Comportamento

Comportamento
de sobrevivência

Comportamento
de Busca de
Metas

Comportamento
de controle

Função

Hierarquia,
Emergência e
Complexidade

Eficácia,
Adaptação e
Aprendizagem



Princípios do pensamento sistêmico

https://sebokwiki.org/wiki/Principles_of_Systems_Thinking

Abstração	Fronteira	Mudanças	Dualismo	Encapsulamento
Equifinalidade	Holismo	Interação	Hierarquia de camadas	Alavancagem
Modularidade	Rede	Parcimônia	Regularidade	Relações
Separação de preocupações	Semelhança / Diferença	Estabilidade / Mudança	Síntese (criação)	Vista



Sistema



Definição de Sistema

Um sistema é

<um conjunto, uma combinação, um grupo, uma coleção, uma configuração, um arranjo, uma organização, uma montagem, [10]>
de

<partes, componentes, elementos, objetos, subsistemas, entidades [6]>

, que

<combinados, integrados, organizados, configurados, organizados [5]>

de uma forma,

<criam, habilitam, motivam [3]>

<proriedades, funções, processos, capacidades, comportamentos, dimensões [6]>

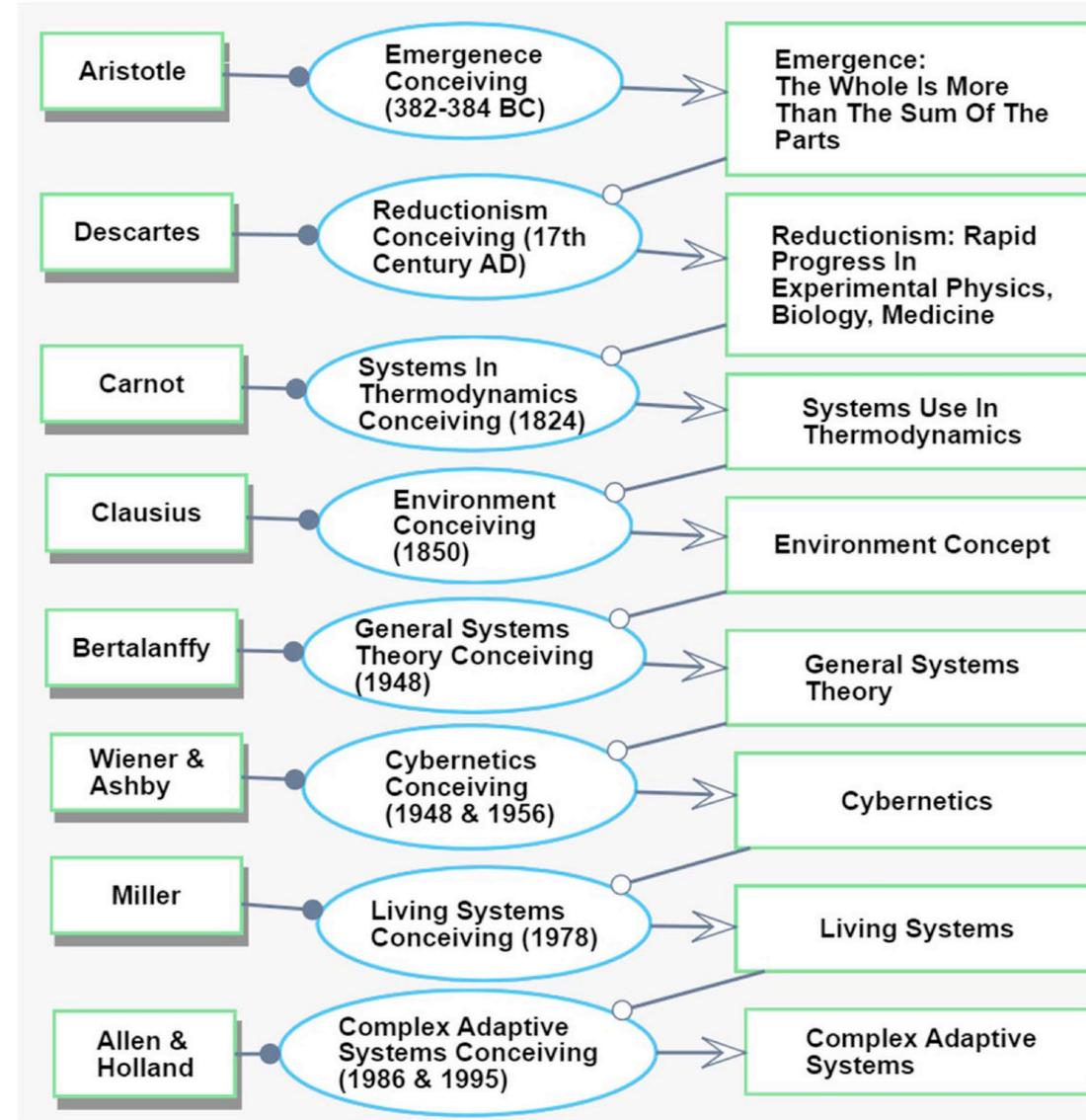
que não

<possuam, exibiam, apresentados [3]>

por suas

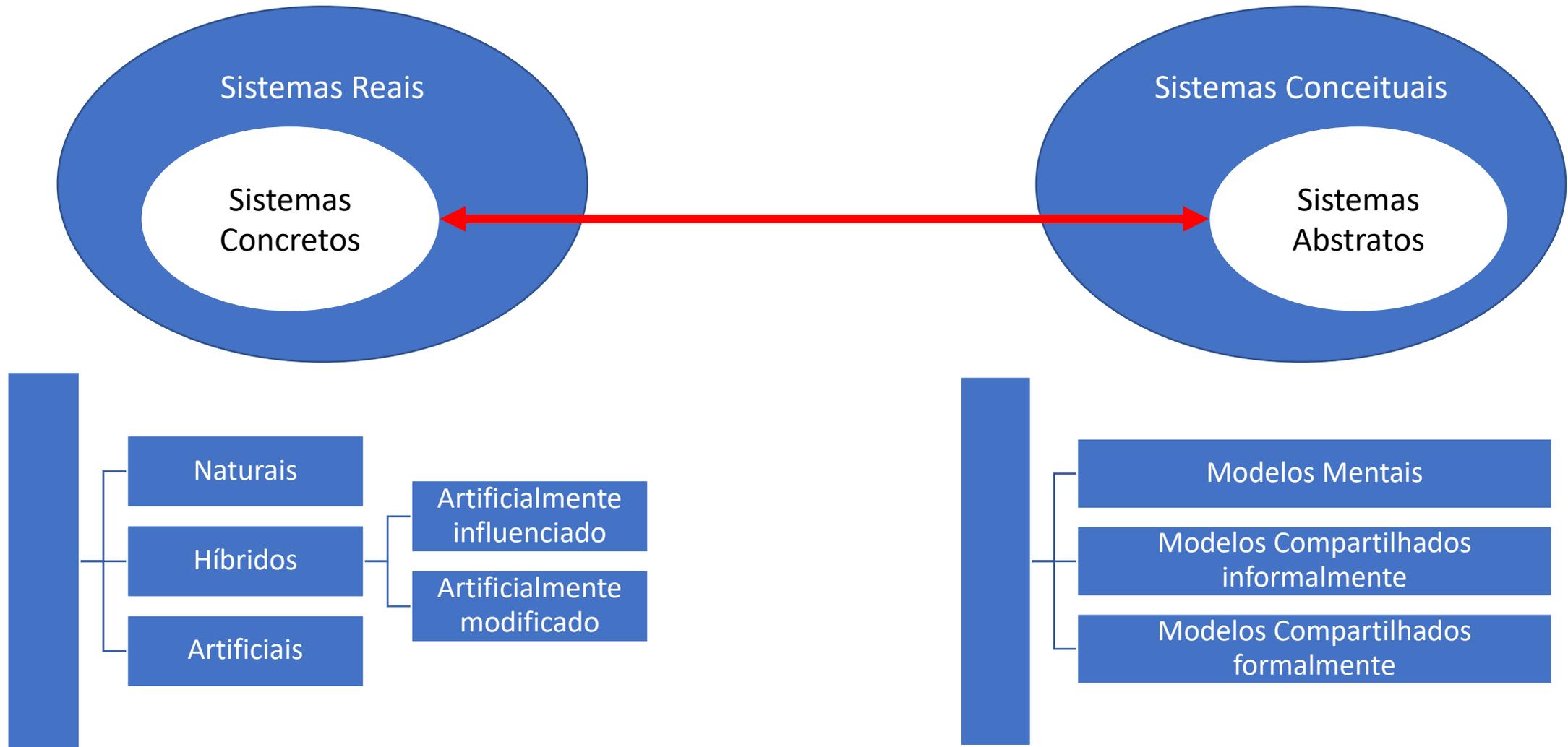
<partes, componentes, elementos, objetos, subsistemas, entidades [6]>

<em separado, individualmente [3]>





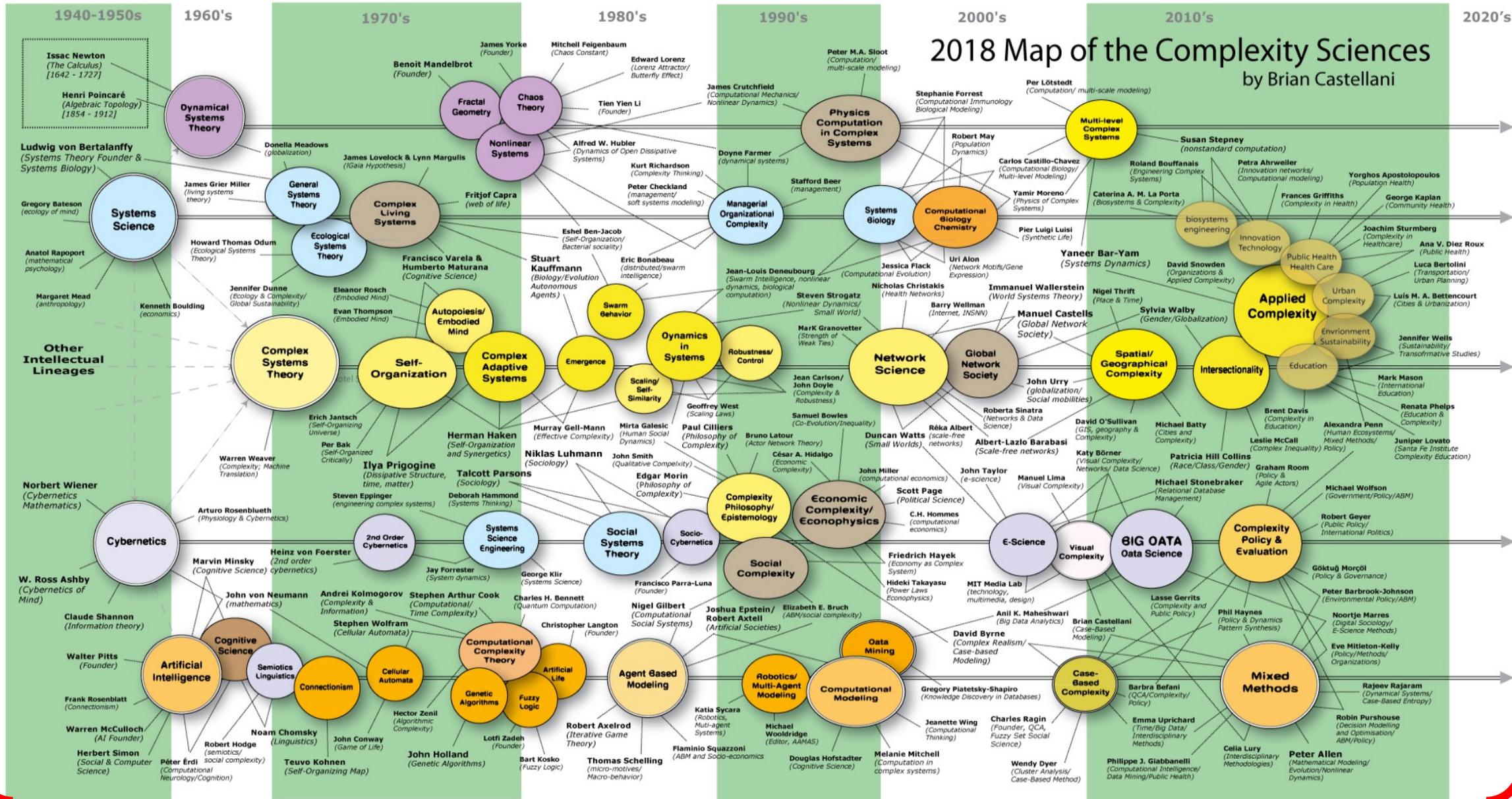
TIPOS DE SISTEMAS





CIÊNCIA DA COMPLEXIDADE

[complexity map](#) [castellani map of complexity science](#), [complexity theory](#), [complexity science](#), [complexity](#), [brian castellani](#), [durham sociology complexity](#) ([art-sciencefactory.com](#))





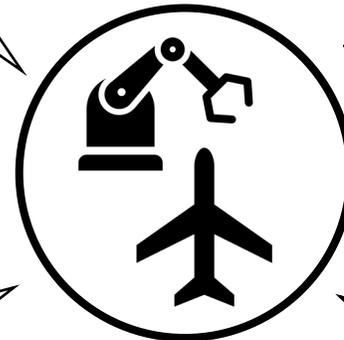
Propriedades de um sistema



Características de um sistema

Funções e outras características emergem com as interações, guiadas pela forma dos relacionamentos. Essa emergencia é que define o sistema

Sistemas possuem forma e função, a forma é um instrumento da função.



Entidades estão ligadas através de relacionamentos que possuem também forma e função. Algumas entidades se relacionam com outras entidades fora da fronteira do sistema.

Sistemas são compostos de entidades, cada uma com sua forma e função. Essas entidades também são sistemas, e o próprio sistema pode ser uma entidade de outro sistema.



Princípio da Emergência

Quando as entidades do sistemas são conectadas, suas interações vão causar funções, comportamentos, performances e outras propriedades que irão emergir.



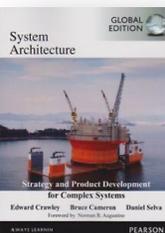
[This Photo](#) by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)

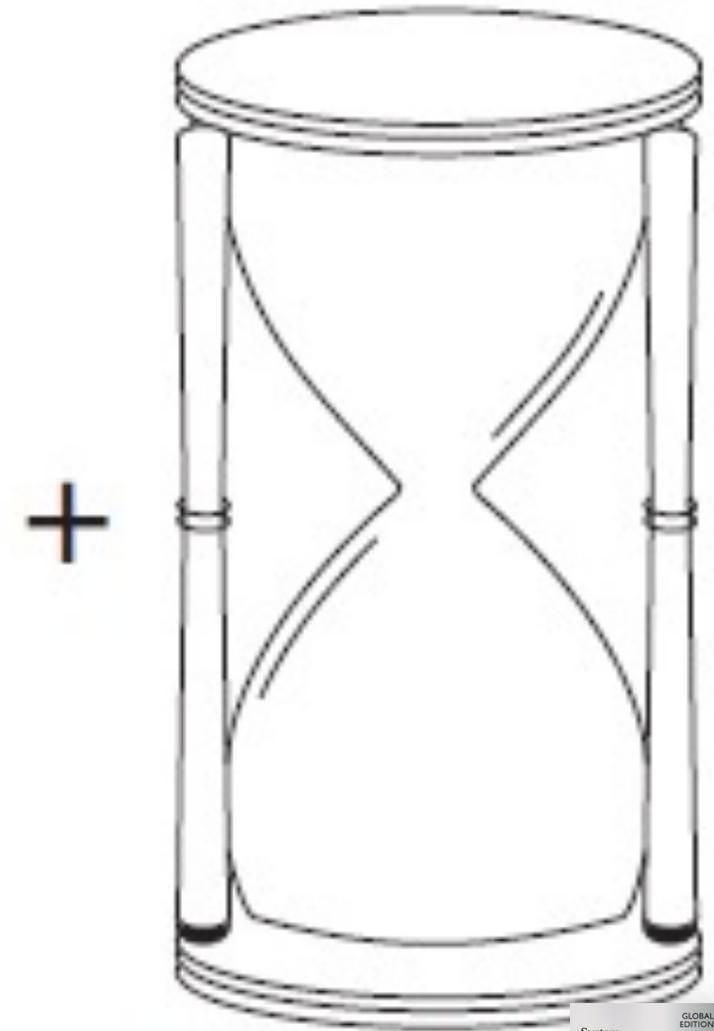


- **Emergência é o “*poder e a mágica*” dos sistemas.** Ela se refere a que aparece, se materializa, ou transborda quando o sistema existe. **Obter essa emergência é o motivo pela qual engenheiramos sistemas.**
- **Entender a emergência é o objetivo – e talvez a arte – do pensamento sistêmico.**
- O que emerge geralmente são: **funções/funcionalidades.**
- Funções são as “coisas” que o sistema deve fazer. Nós devemos projetar sistemas, antecipando as funções que irão emergir.

TABLE 2.1 | Types of emergent functions

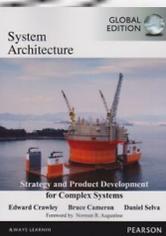
	Anticipated Emergence	Unanticipated Emergence
Desirable	Cars transport people Cars keep people warm/cool Cars entertain people	Cars create a sense of personal freedom in people
Undesirable	Cars burn hydrocarbons	Cars can kill people





+

FIGURE 2.1 Emergent function from sand and a funnel: Time keeping. (Source: LOOK D Bildagentur der Fotografen GmbH/Alamy)



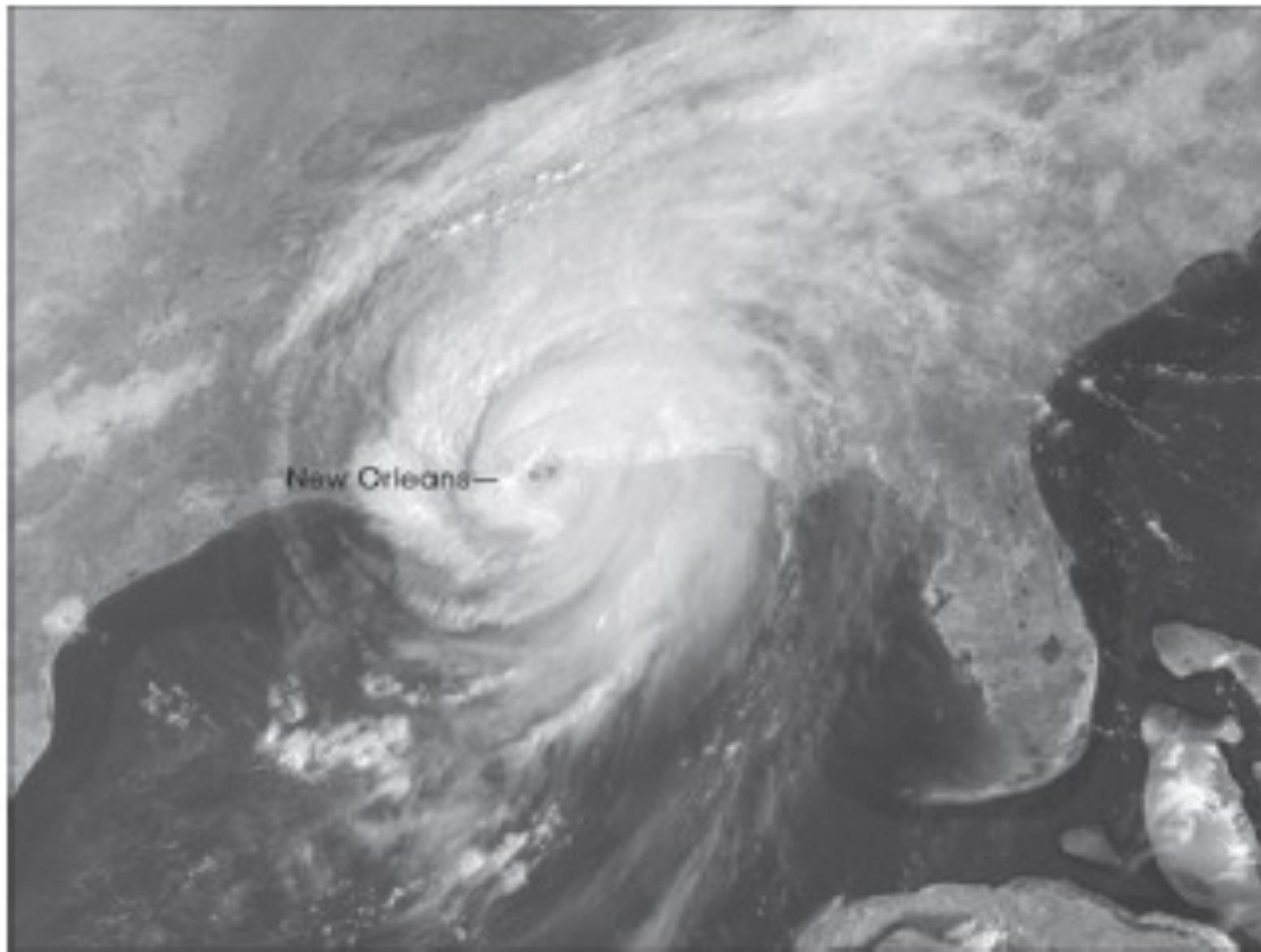


FIGURE 2.3 Emergency as emergence: Hurricane Katrina. (Source: Image courtesy GOES Project Science Office/NASA)





Engenharia de Sistemas é...



Engenharia de Sistemas são meios e abordagens transdisciplinares, baseados em conceitos e princípios sistêmicos, para permitir uma realização bem sucedida, uso e descarte de sistemas engenheirados.

Focando em:

- estabelecer as **motivações e critérios de sucesso** dos stakeholders (interessados e impactados), ajudando a definir as necessidades atuais e antecipando funcionalidades no início do ciclo de desenvolvimento;
- estabelecer um **modelo de ciclo de vida** apropriado e os processos considerando a complexidade, incertezas e possíveis mudanças;
- **documentar e modelar requisitos e arquiteturas** de cada fase dessa atividade;
- continuar com o **desenvolvimento e a verificação/validação**;
- enquanto considerando **todo o problema e todos os sistemas e serviços** que dão suporte ao sistema de interesse.



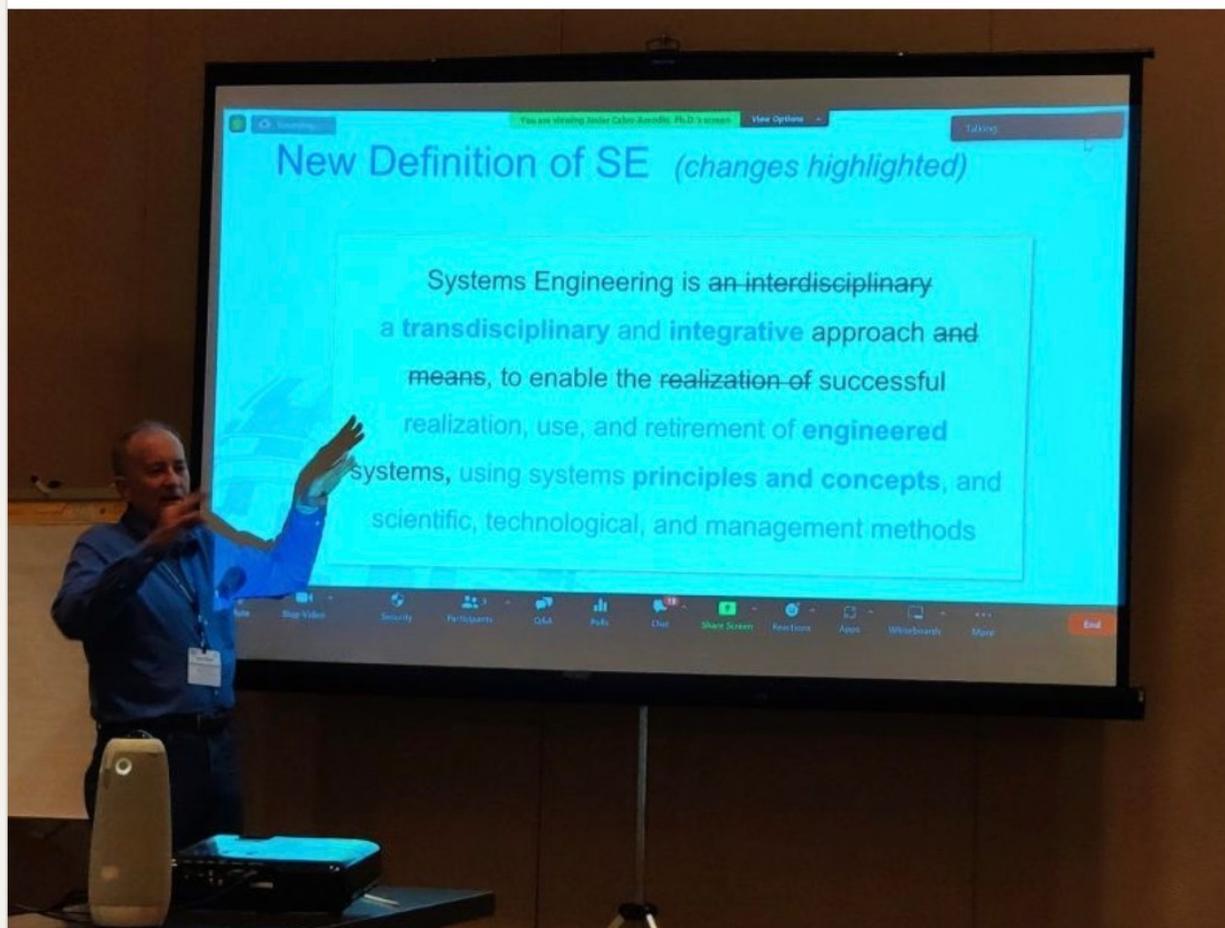
Bernardo A. Delicado · 1st

PhD/INCOSE ESEP/Systems Thinker/Stay Hungry, Sta...

3d · 🌐



James Martin explains the need of a new definition of **#systemsengineering** during a Systems Science WG session at **INCOSE IW2023**



You and 101 others

31 comments · 7 reposts



Celebrate

Comment

Repost

Send

https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7025618932573036544?updateEntityUrn=urn%3Ali%3Afs_feedUpdate%3A%28V2%2Curn%3Ali%3Aactivity%3A7025618932573036544%29



A prática da engenharia de sistemas

- A prática da engenharia de sistemas se preocupa tanto com uma **abordagem sistêmica** para entender o problema, conceber uma solução e entender as interdependências para desenvolver, entregar e evoluir a solução;
- e uma **abordagem sistemática** para estabelecer objetivos e critérios de sucesso, analisar e documentar a solução, prever sua eficácia e estabelecer e implementar um processo eficaz e eficiente para desenvolvimento, entrega e posterior evolução.

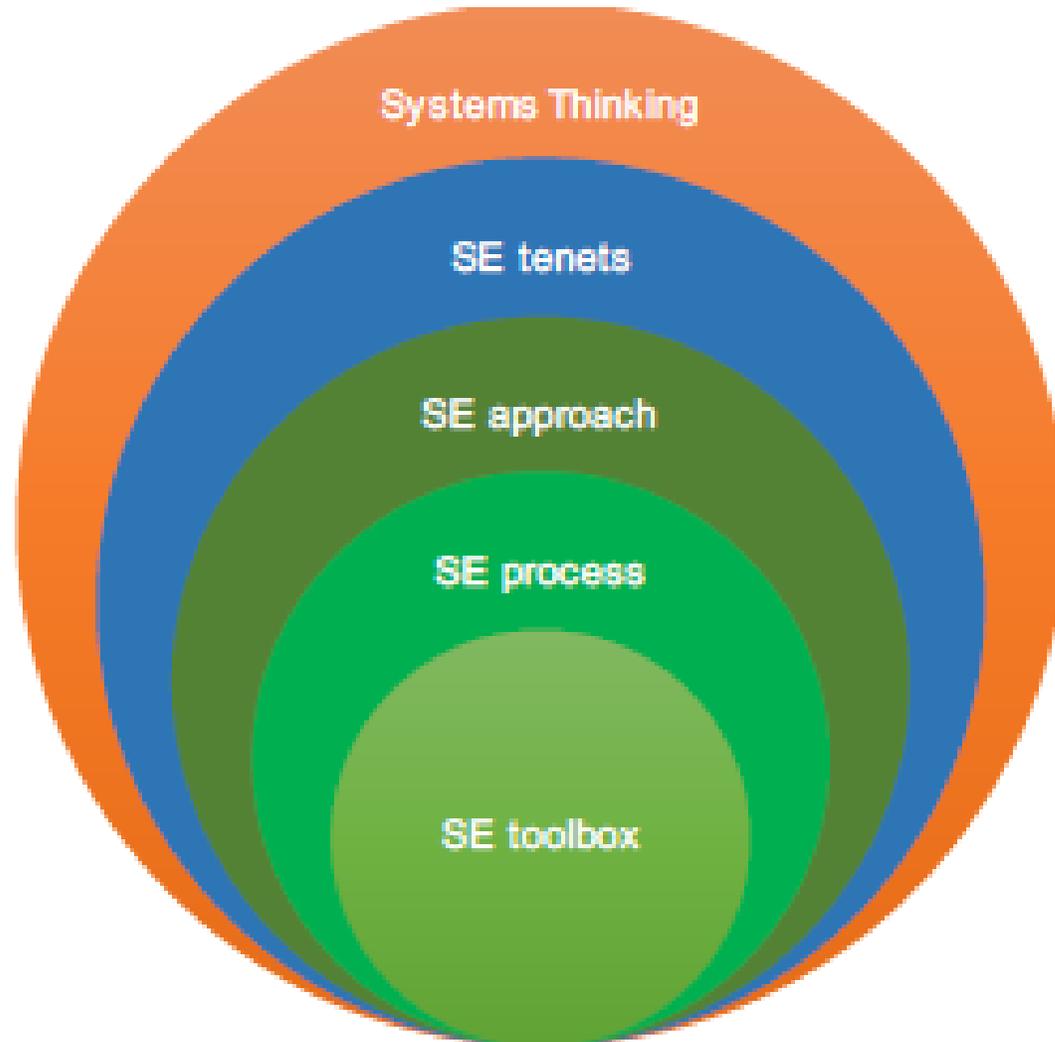


um pouco de controvérsia

- Os engenheiros de sistemas geralmente falam sobre o uso de uma "abordagem de sistemas" para trabalhar em um problema que parece mais amplo ou mais difuso do que a "engenharia normal" (seja lá o que isso for 🙄).
- **Tal “abordagem de sistemas” usa princípios ou crenças de sistemas que são de valor comprovado em um contexto de engenharia e também são úteis em outros lugares.**
- Usaremos o termo "princípios de engenharia de sistemas" para nos referirmos a um conjunto chave de princípios e crenças extraídos de vários ramos do pensamento sistêmico e das ciências dos sistemas, que parecem sustentar a maior parte ou todo o que atualmente reconhecemos como engenharia de sistemas.



QUATRO ASPECTOS DA ENGENHARIA DE SISTEMAS



1. alguns princípios (princípios e crenças) da SE, muito básicos e amplamente aplicáveis;
2. uma abordagem geral da SE para problemas complexos e complicados;
3. o "processo SE", para uma família de tipos de sistemas; e
4. uma caixa de ferramentas SE de técnicas e métodos que são aplicáveis em todo o espectro.



12 PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA DE SISTEMAS

1. Entender o que significa **sucesso**
2. Considerar **todo o problema, toda a solução e todo o ciclo de vida**
3. Compreender e gerenciar **interdependências**
4. **Adaptar as partes** para servir o propósito do todo
5. Reconhecer que a Engenharia de Sistemas ocorre em **vários níveis**
6. Decidir baseado em provas e em **juízos fundamentados**
7. Reconhecer a **incerteza** ao gerenciar mudanças, oportunidades de risco e expectativas
8. Lidar com **estrutura e comportamento** como dois aspectos complementares de qualquer sistema
9. Compreender e usar o **feedback** (loop)
10. Compreender e gerir o **valor**
11. Ser **sistêmico e sistemático**
12. **Respeitar** as pessoas



What is Systems Engineering?

Systems Engineering is a *transdisciplinary* and *integrative* approach to enable the successful realization, use, and retirement of **engineered systems**, using *systems principles and concepts*, and scientific, technological, and management methods.

We use the terms “engineering” and “engineered” in their **widest sense**: “the action of working artfully to bring something about”. “**Engineered systems**” may be composed of any or all of people, products, services, information, processes, and natural elements.

Engineered System Definition

An **engineered system** is a system designed or adapted to interact with an anticipated operational environment to achieve one or more intended purposes while complying with applicable constraints.

Thus, an “engineered system” is a system – not necessarily a technological one – which has been or will be “systems engineered” for a purpose.

Most General “System” Definition

A **system** is an arrangement of parts or elements that together exhibit behaviour or meaning that the individual constituents do not.

Systems can be either **physical** or **conceptual**, or a combination of both.

Systems in the physical universe are composed of matter and energy, may embody information encoded in matter-energy carriers, and exhibit observable behaviour.

Conceptual systems are abstract systems of pure information, and do not directly exhibit behaviour, but exhibit “meaning”. In both cases, the system’s properties (as a whole) result, or emerge from:

- the parts or elements and their individual properties; AND
- the relationships and interactions between and among the parts, the system and its environment.

Definitions of the International Council on Systems Engineering (INCOSE) 2019

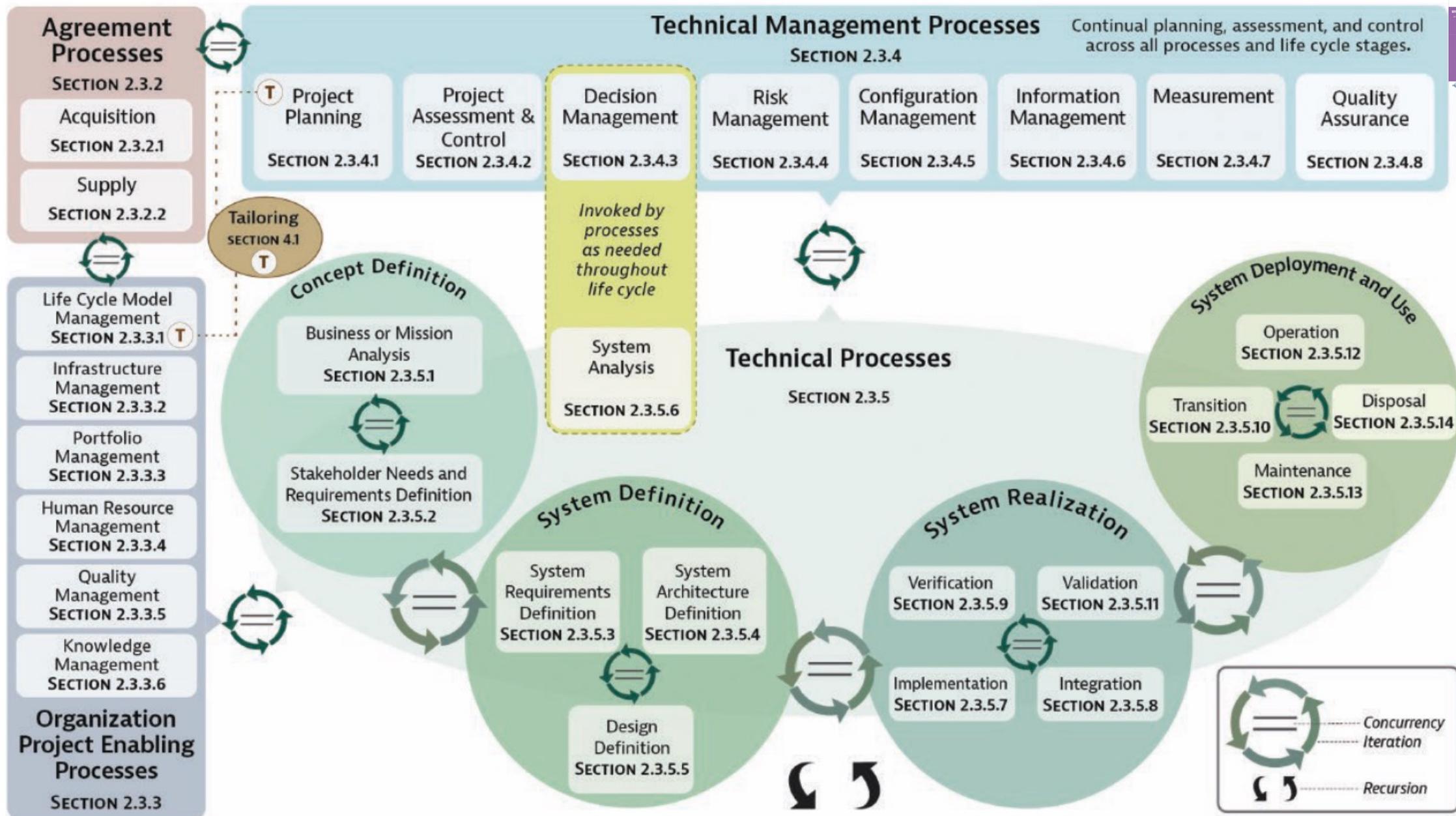


FIGURE 2.10 System life cycle processes per ISO/IEC/IEEE 15288. INCOSE SEH original figure created by Roedler and Walden. Usage per the INCOSE Notices page. All other rights reserved.

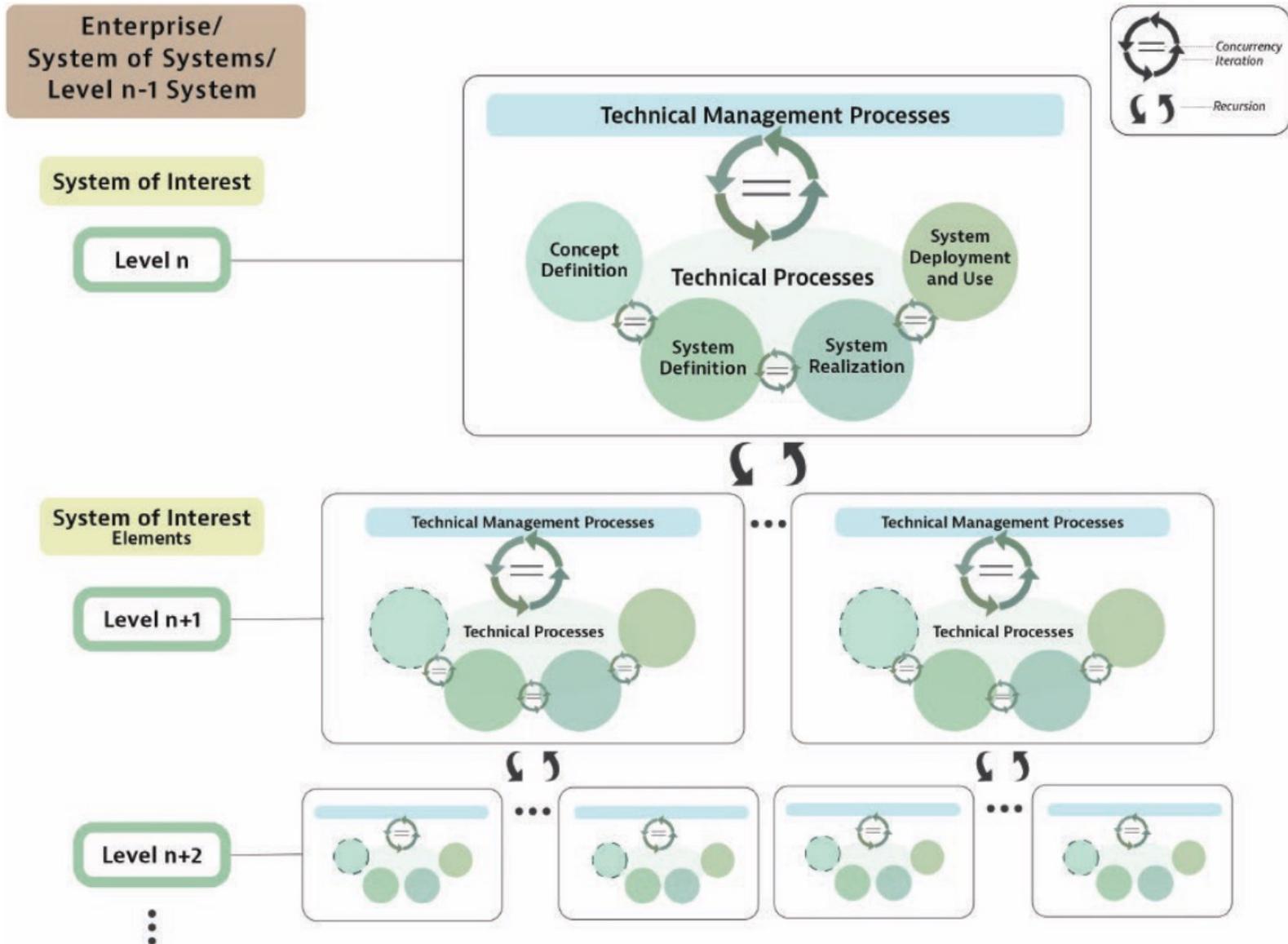


FIGURE 2.12 Concurrency, iteration, and recursion. INCOSE SEH original figure created by Roedler and Walden. Usage per the INCOSE Notices page. All other rights reserved.

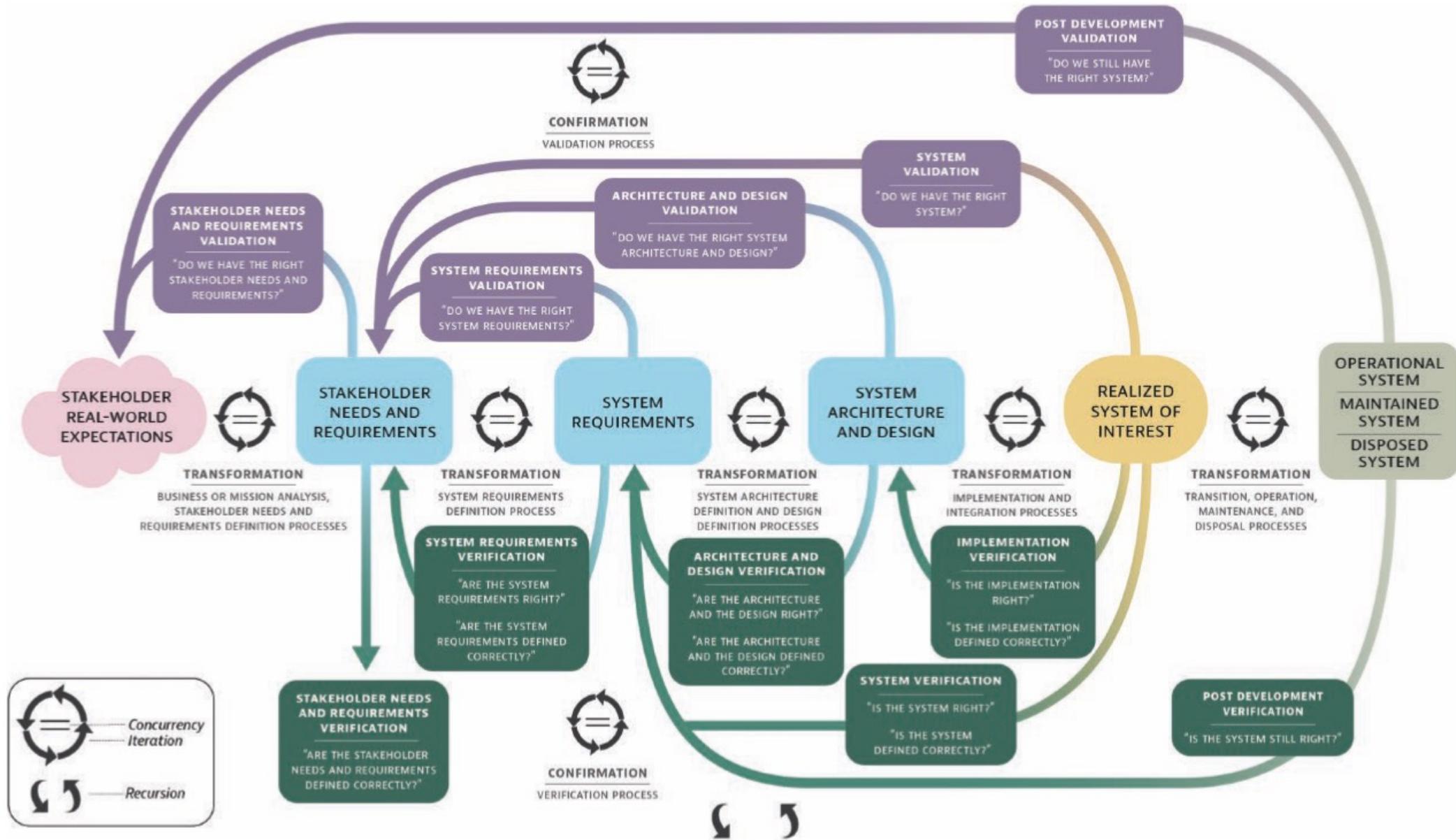
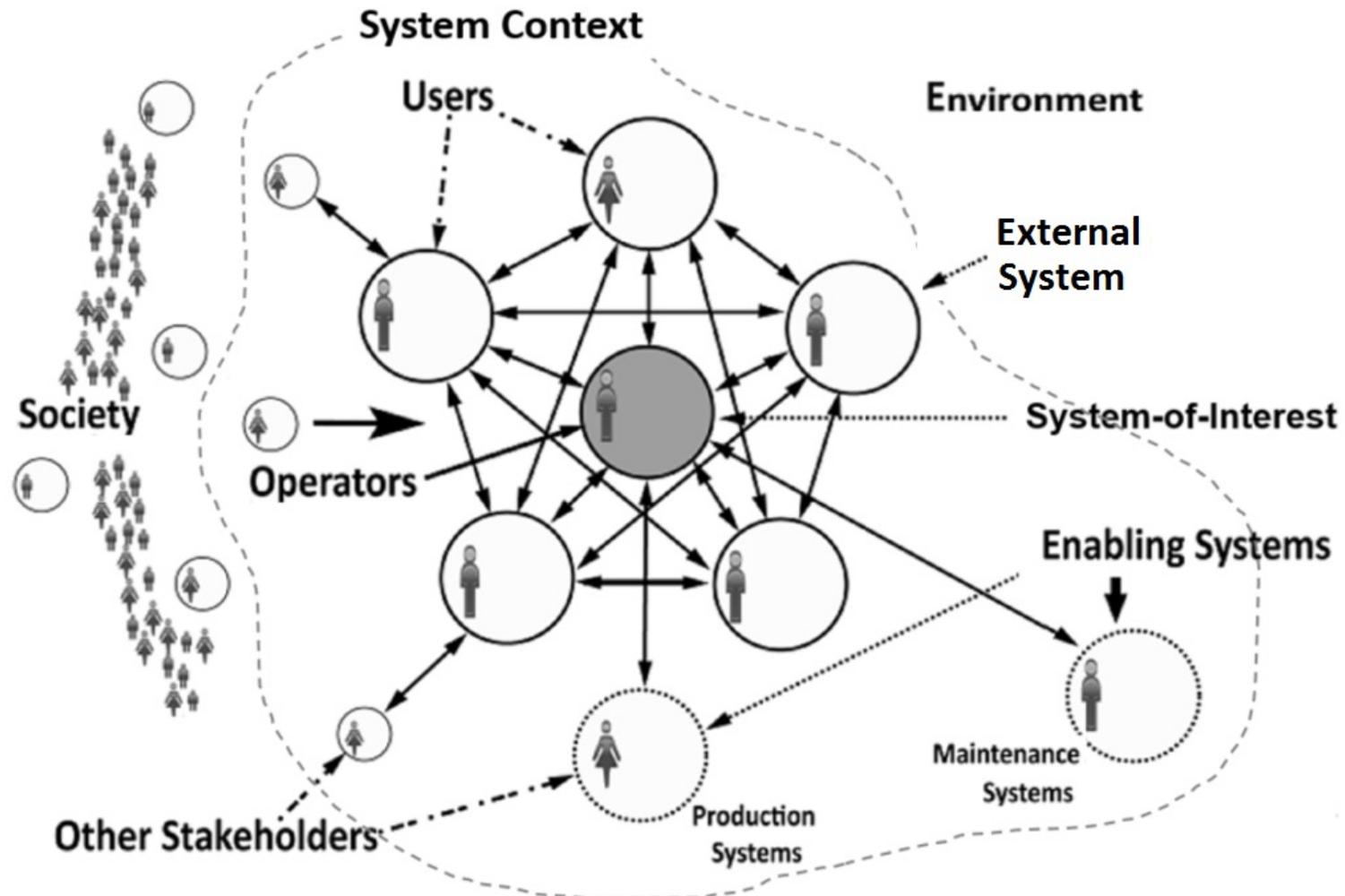


FIGURE 2.38 Technical Processes in context. INCOSE SEH original figure created by Roedler, Walden, and Wheatcraft derived from INCOSE NRM (2022). Usage per the INCOSE Notices page. All other rights reserved.



Stakeholders (interessados / afetados / afetam)





Ciclo de vida

- Todos os sistemas possuem um ciclo de vida
 - Ciclo de vida é uma série de estágios que o sistema passa durante seu tempo de vida.
 - O ciclo de vida deve considerar toda a evolução do sistema, da concepção ao descarte.





Por que o CONOPs é importante?

- Direciona o **desenvolvimento**
 - Mantém o **contexto das necessidades** em linguagem cotidiana e informal
 - Pensar nos ConOps e nos casos de uso **revela requisitos e funções** que, de outra forma, poderiam ser negligenciados
- Coloca todos na mesma página sobre **o que é o projeto e o que ele fará**
- Identifica as **interfaces do usuário** com antecedência
- Identifica as **principais necessidades** do stakeholders para definir, projetar e implementar o produto final
- Fornece orientação para **o desenvolvimento da documentação de definição do Sistema.**

IEEE Std 1362™-1998 (R2007)
(Incorporates
IEEE Std 1362a-1998)

IEEE Guide for Information Technology—System Definition— Concept of Operations (ConOps) Document

Sponsor
Software Engineering Standards Committee
of the
IEEE Computer Society

Approved 19 March 1998
Reaffirmed 5 December 2007

IEEE-SA Standards Board

Abstract: The format and contents of a concept of operations (ConOps) document are described. A ConOps is a user-oriented document that describes system characteristics for a proposed system from the users' viewpoint. The ConOps document is used to communicate overall quantitative and qualitative system characteristics to the user, buyer, developer, and other organizational elements (for example, training, facilities, staffing, and maintenance). It is used to describe the user organization(s), mission(s), and organizational objectives from an integrated systems point of view.

Keywords: buver. characteristics. concept of operation. concepts of operations document. ConOps.

The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
345 East 47th Street, New York, NY 10017-2394, USA

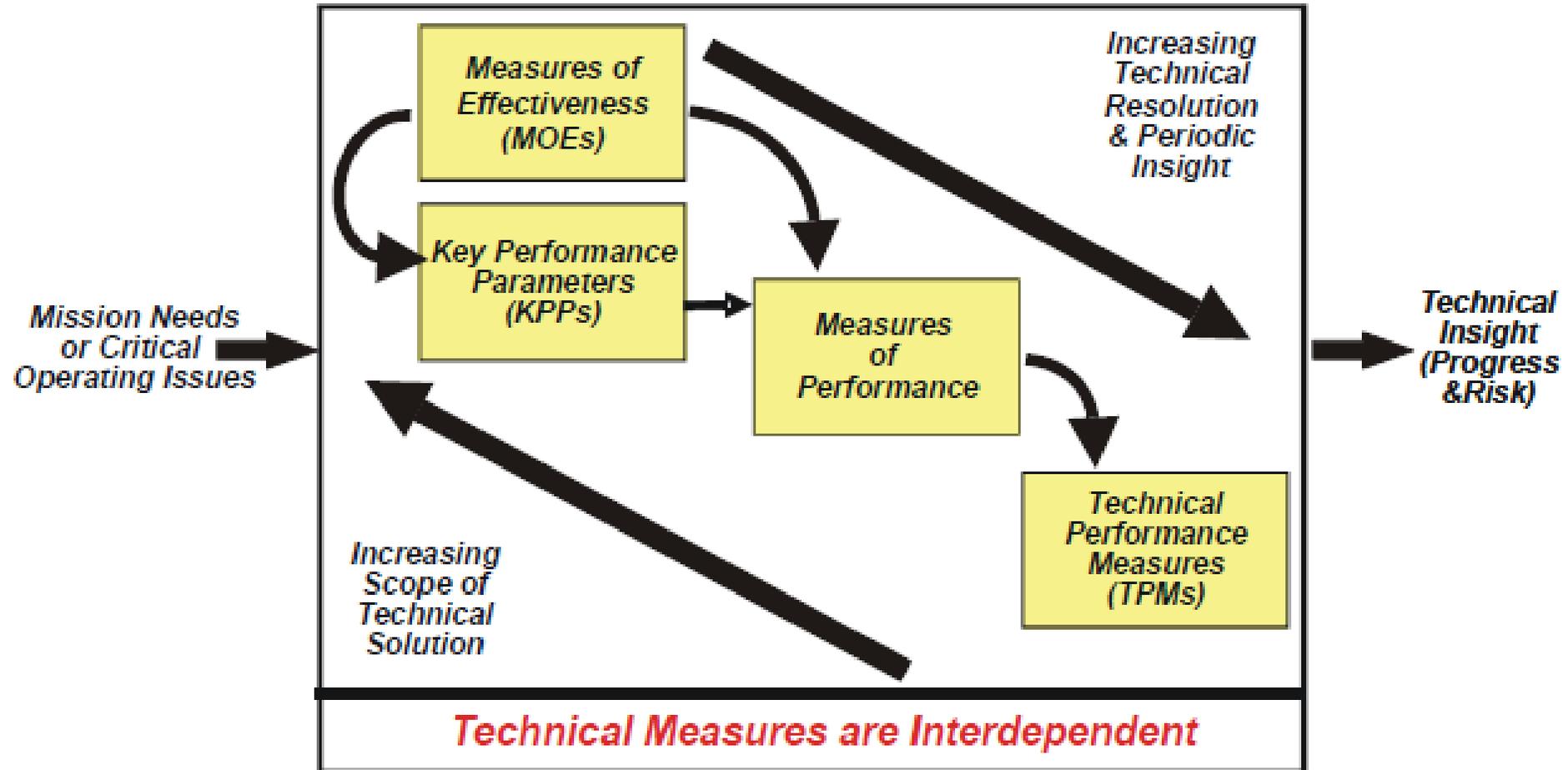
Copyright © 1998 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
All rights reserved. Published 31 December 1998. Printed in the United States of America.

Print: ISBN 0-7381-0185-2 SH94815
PDF: ISBN 0-7381-1407-3 SS94815

No part of this publication may be reproduced in any form, in an electronic retrieval system or otherwise, without the prior written permission of the publisher.



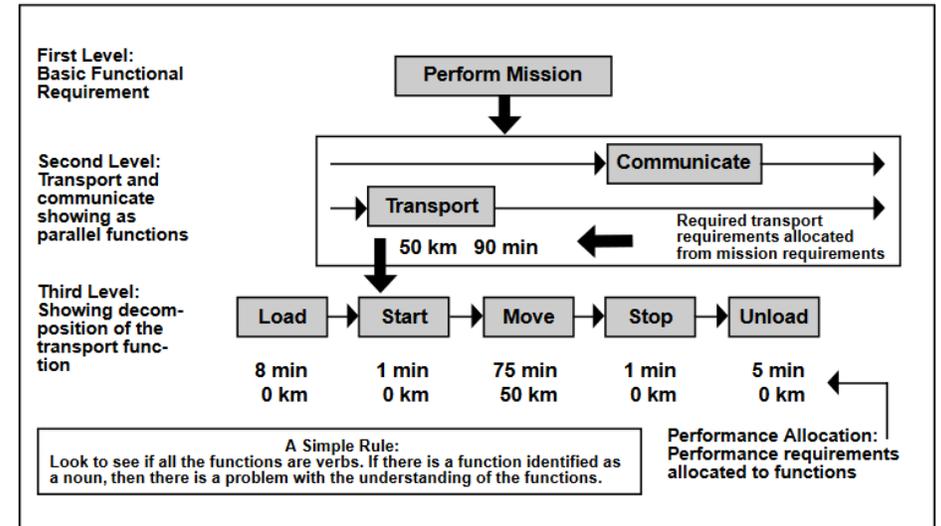
Relação das Medidas Técnicas





Modelagem funcional

- A modelagem funcional em Engenharia de Sistemas é uma **representação estruturada de funções** (ou seja, atividades, ações, processos, operações) dentro do sistema modelado.
- O objetivo do modelo funcional é
 - (i) descrever as funções e processos,
 - (ii) auxiliar na descoberta das necessidades de informação,
 - (iii) ajudar a identificar oportunidades e
 - (iv) estabelecer uma base para determinar os custos de produtos e serviços.





Requisitos

- Os requisitos informam **o que o sistema precisa fazer** (requisitos funcionais).
- **Quão bem** o sistema precisa fazer isso (requisitos de desempenho)
- **Em que ambiente** o sistema tem de funcionar (requisitos ambientais).
- O que o sistema deve fazer **para se encaixar** em outros sistemas (requisitos de interface).
- O que os subsistemas/montagens/componentes de **nível inferior devem fazer** para fazer com que tudo funcione (alocação de requisitos/recursos).
- O que você precisa fazer **antes de operar** (atividades de verificação).
- E, basicamente, quando você terminar (os requisitos são atendidos).





Verificação e Validação Certificação

- O objetivo geral do processo V&V é demonstrar, por meio de um processo dedicado, que o produto entregável atende aos requisitos especificados e conceito de operação descrito.
- **Os objetivos do processo são os seguintes:**
 - a. **PROJETO:** demonstrar a **qualificação do projeto e do desempenho**, como atendendo aos requisitos especificados nos níveis especificados;
 - b. **FABRICAÇÃO:** para garantir que o **produto está de acordo com o projeto**, está livre de defeitos de fabricação e aceitável para uso;
 - c. **MONTAGEM:** para **confirmar a integridade e o desempenho** do produto em etapas específicas do ciclo de vida do projeto.
 - d. **INTEGRAÇÃO:** Confirmar que o sistema (incluindo ferramentas, procedimentos e recursos) **pode cumprir os requisitos** da missão.



Summary.

Engineers make physical artifacts. Systems Engineering creates viable, functional Solution Systems to solve social problems, using the Systems Approach. Miles apart.

Systems generally lack any purpose. If systems *appear* purposeful, they may be deemed ‘purposive.’ Systems with human intelligence, may have purpose: provided by the intellect; pursued by the technology.

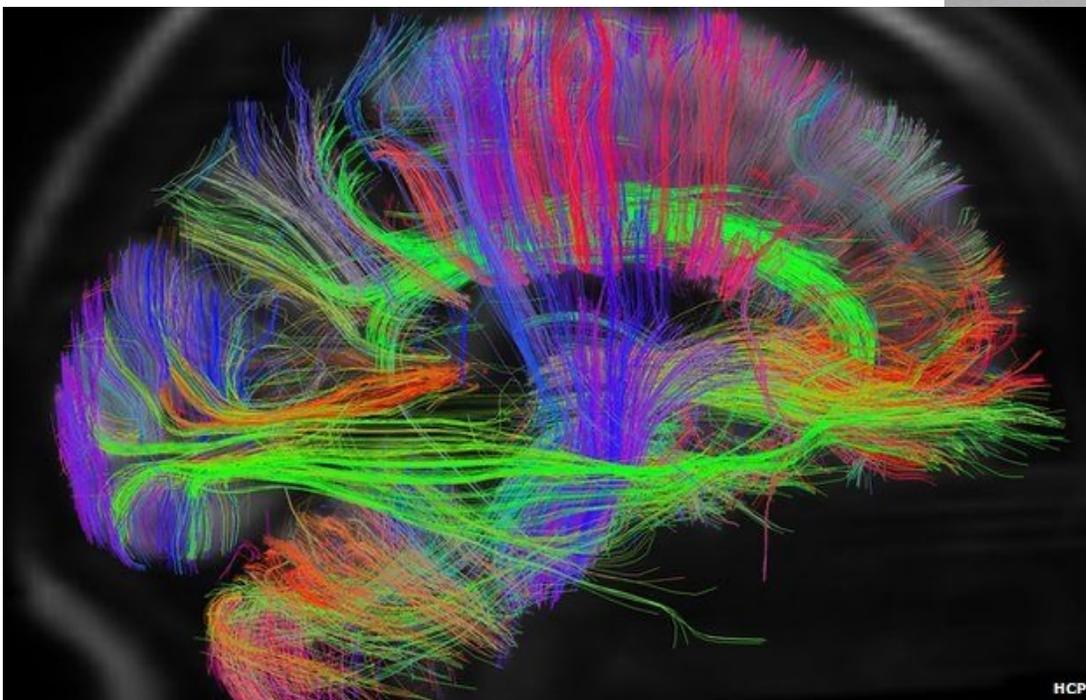


Linguagem da Engenharia de Sistemas



REDUZINDO a FUNÇÃO: NÓS SOMOS RECONHECEDORES DE PADRÕES

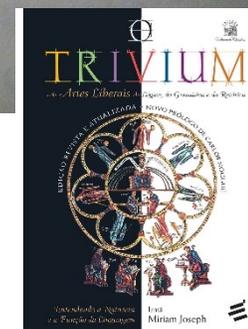
<https://www.psychologytoday.com/blog/the-athletes-way/201311/what-is-the-human-connectome-project-why-should-you-care>



FUNÇÃO DA GRAMÁTICA

A função fundamental da gramática é estabelecer leis para relacionar símbolos de modo a expressar pensamento. Uma frase expressa um pensamento – uma relação de ideias – numa declaração, numa pergunta, numa ordem, num desejo, numa prece ou numa exclamação. Símbolos categoremáticos são aqueles que são relacionados; símbolos sincategoremáticos são os meios de relacioná-los; a oração é a relação mesma.

As regras para relacionar símbolos regem três operações gramaticais: substituir símbolos equivalentes, combinar símbolos e separar símbolos.





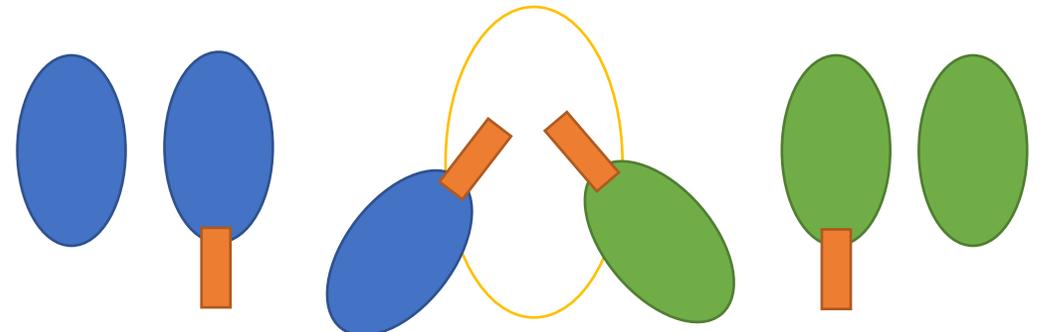
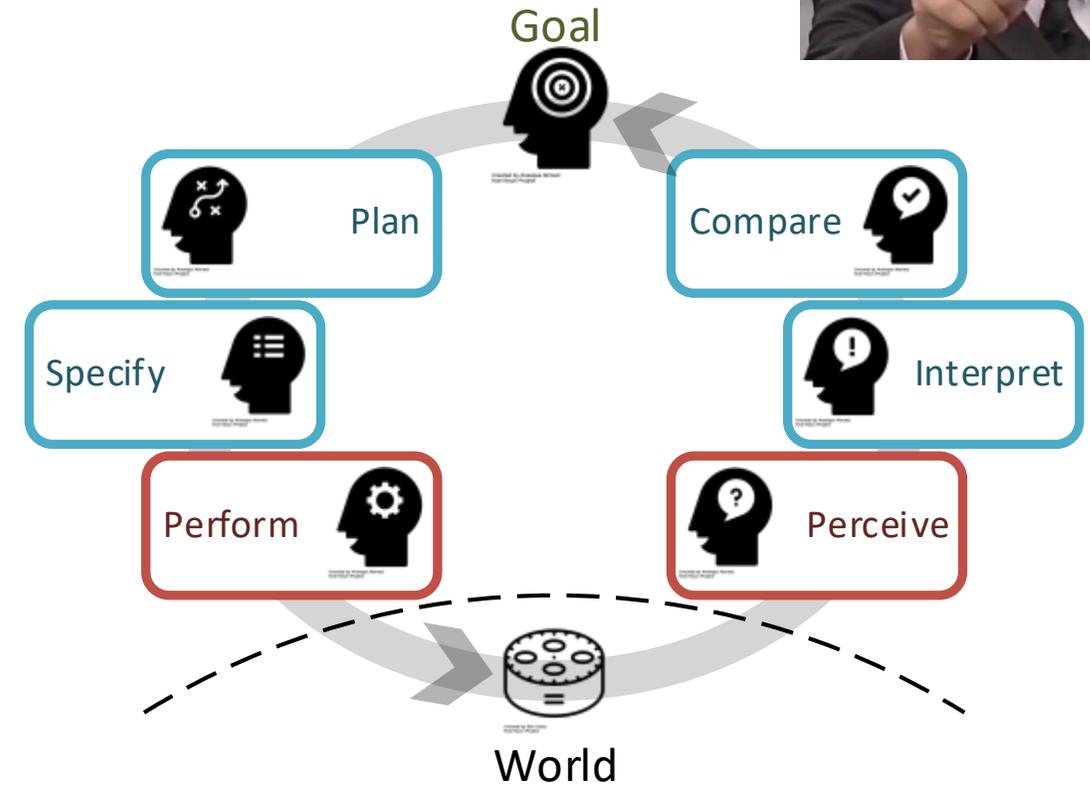
COGNIÇÃO



Cognição é “o processo mental de adquirir conhecimento e entendimento através do pensamento, inteligência e sentidos”.

Engloba processos como a atenção, a formação do conhecimento, a memória e a memória de trabalho, o julgamento e a avaliação, o raciocínio e a "computação", a resolução de problemas e a tomada de decisões, a compreensão e a produção da linguagem.

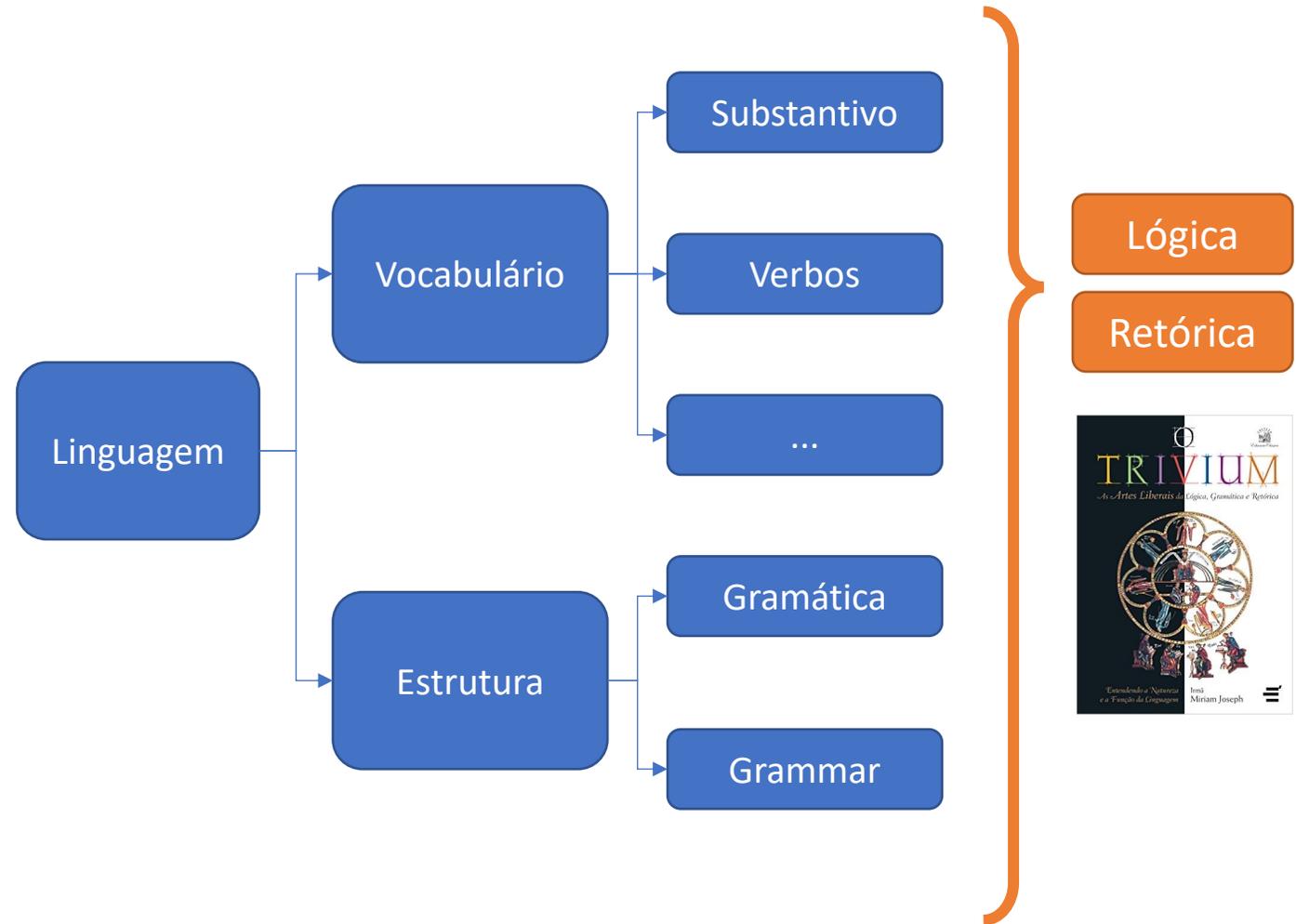
Processos cognitivos usam conhecimento pregresso para gerar novo conhecimento.





LINGUAGEM

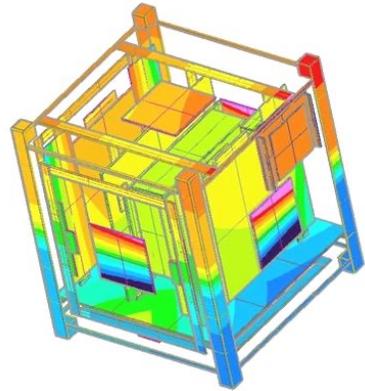
é um sistema que consiste no desenvolvimento, aquisição, manutenção e utilização de sistemas complexos para comunicação.



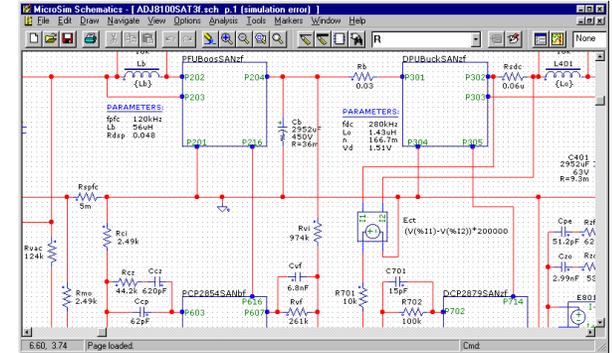


Cada engenheria possui sua linguagem

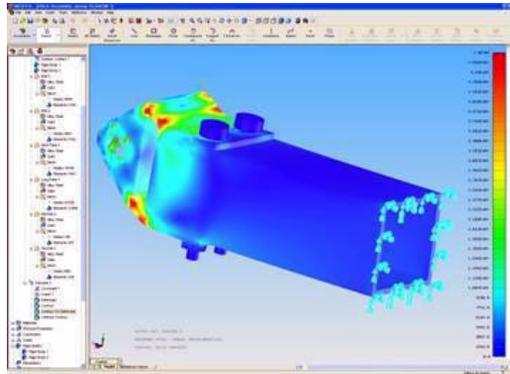
Thermal Eng.



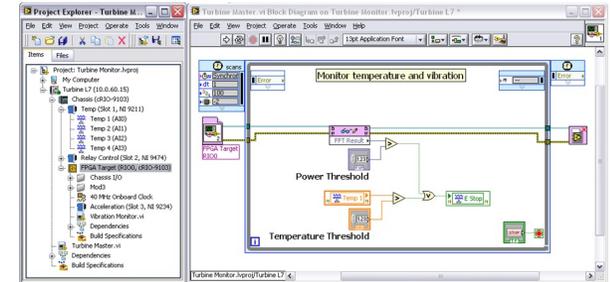
Electrical Eng.



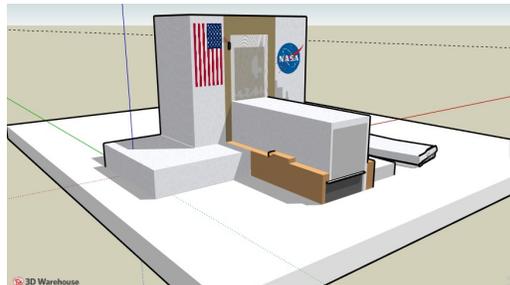
Mechanical Eng.



Control Eng.



Infrastructure Eng.

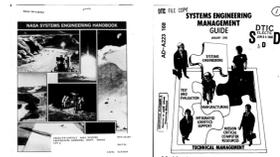


Systems Eng ???

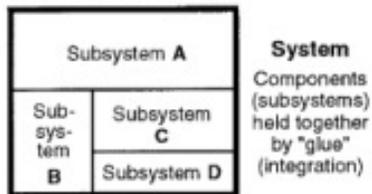




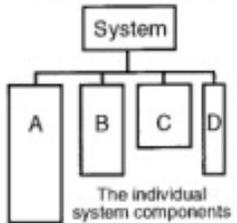
Qual a linguagem da eng. Sis.?



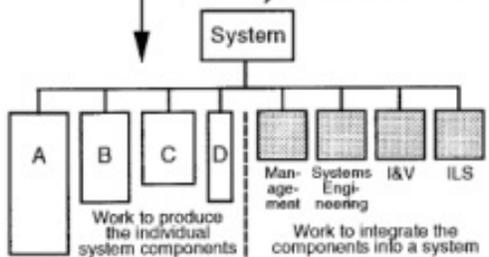
The whole **does more** than the sum of the parts.



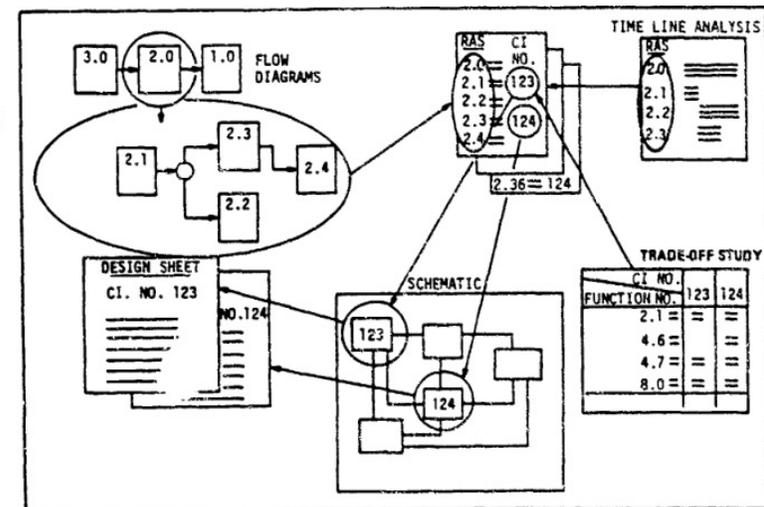
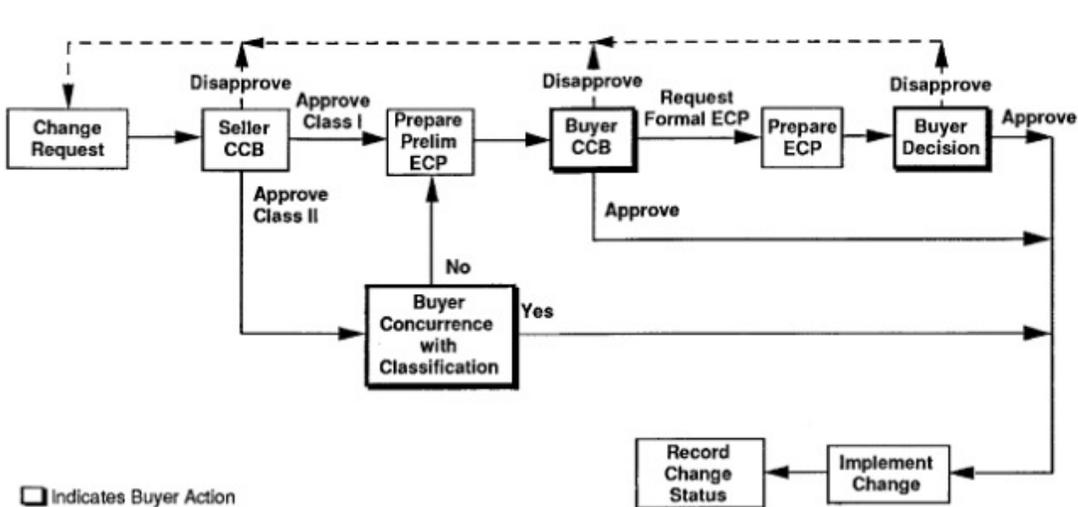
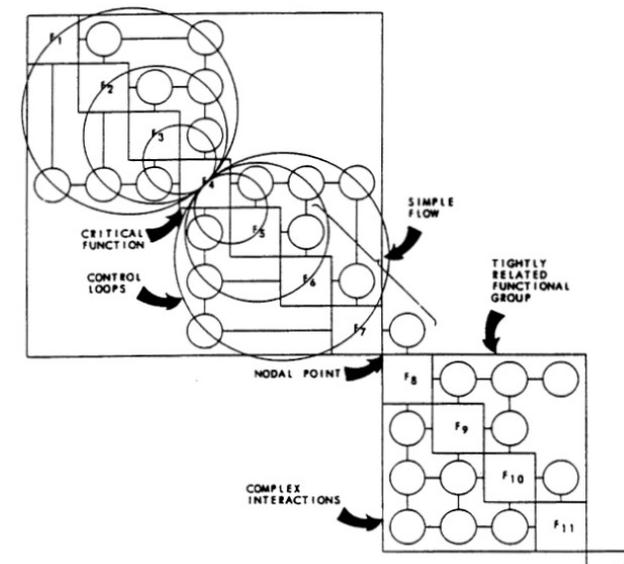
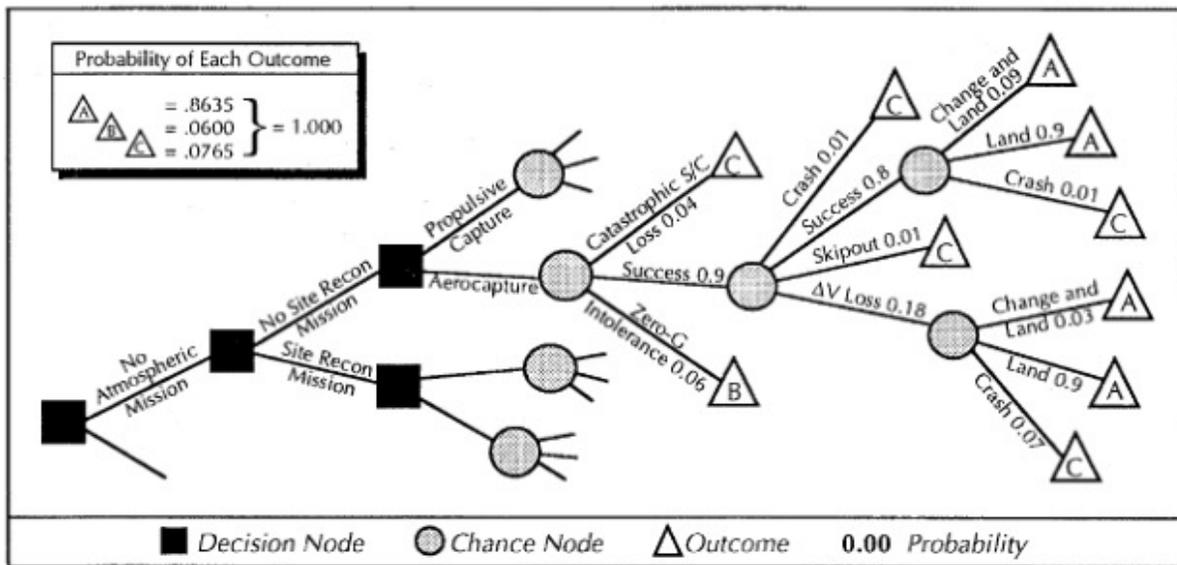
Product Breakdown Structure (PBS)
Shows the components which form the system.



Work Breakdown Structure (WBS)
All work components necessary to produce a complete system



The whole **takes more work** than the sum of the parts.





Com o tempo... Ficaram coloridos

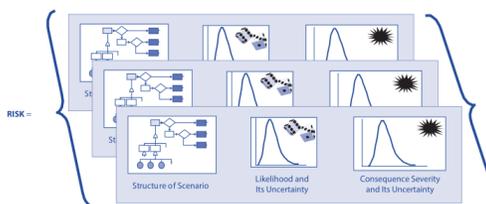
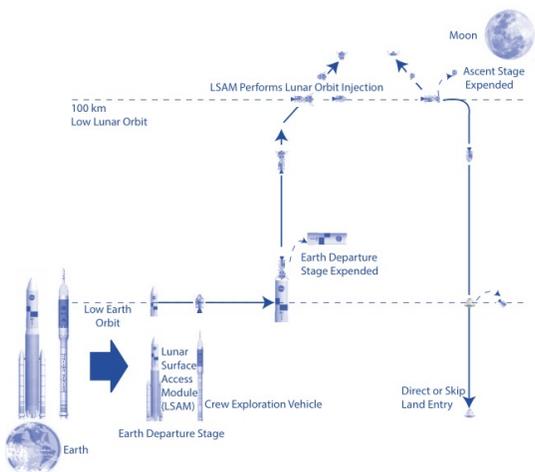
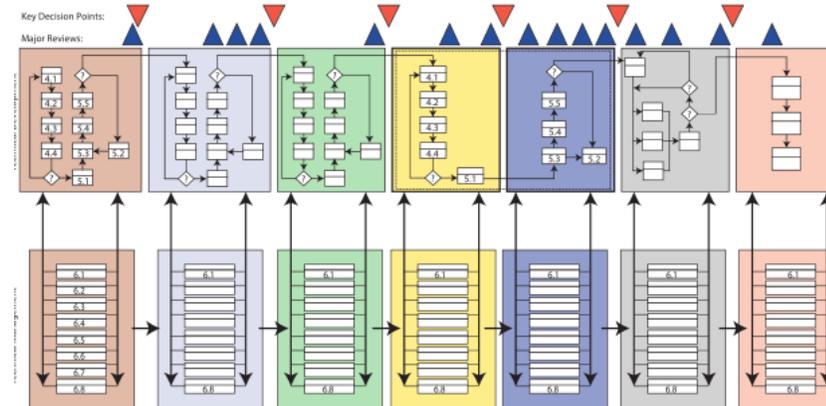
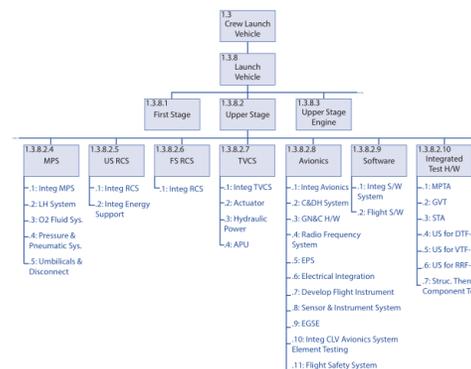
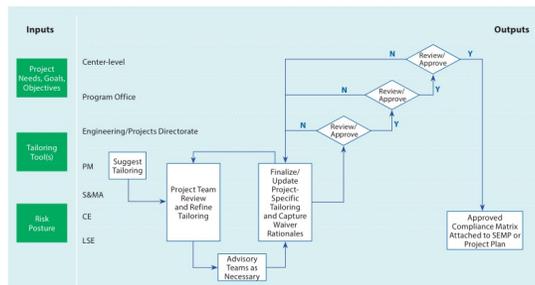


TABLE D-1 Requirements Verification Matrix

Requirement No.	Document	Paragraph	Shall Statement	Verification Success Criteria	Verification Method	Facility or Lab	Phase*	Acceptance Requirement?	Preflight Acceptance?	Performing Organization	Results
	Unique identifier or each requirement	Document number the requirement is contained within	Text (within reason) of the requirement, i.e., the "shall"	Success criteria for the requirement	Verification method for the requirement (analysis, inspection, demonstration, test)	Facility or laboratory used to perform the verification and validation	Phase in which the verification and validation will be performed	Indicate whether this requirement is also verified during any pre-flight or recurring acceptance testing of each unit.	Indicate whether this requirement is also verified during initial acceptance testing of each unit.	Organization responsible for performing the verification	Indicate documents that contain the objective evidence that requirement was satisfied
P-1	xxx	3.2.1.1 Capability Support Uplinked Data (LDR)	System X shall provide a max. ground-to-station uplink of...	1. System X shall provide a forward link at the min and max data rate tolerances 2. System X locks to the forward link at the min and max operating frequency tolerances	Test	xxx	5	Yes	No	xxx	TPS xxxx
P-i	xxx	Other paragraphs	Other "shall" in PTRS	Other criteria	xxx	xxx	xxx	Yes/No	Yes/No	xxx	Memo xxx
S-i or other unique designator	xxxxx (other specs, ICDs, etc.)	Other paragraphs	Other "shall" in specs, ICDs, etc.	Other criteria	xxx	xxx	xxx	Yes/No	Yes/No	xxx	Report xxx

1.0 System	Demonstration Units			Environment		Unit Description			Overall TRL
	Concept	Breadboard	Developmental Model	Laboratory Environment	Space Environment	Form	Fit	Function	
1.1 Subsystem X									
1.1.1 Mechanical Components									
1.1.2 Mechanical Systems									
1.1.3 Electrical Components			X		X	X	X	X	
1.1.4 Electrical Systems									
1.1.5 Control Systems				X					
1.1.6 Thermal Systems						X	X		
1.1.7 Fluid Systems									
1.1.8 Optical Systems		X							
1.1.9 Electro-Optical Systems									
1.1.10 Software Systems									
1.1.11 Mechanisms	X								
1.1.12 Integration									
1.2 Subsystem Y									
1.2.1 Mechanical Components									



Representações



Representações

- Ao longo dos últimos anos, os engenheiros de sistemas evoluíram para algumas representações gráficas para apresentar as características funcionais e de fluxo de dados de seu projeto de sistema.
- Os mais comuns são: enhanced Function Flow Block Diagram (eFFBD), Data Flow Diagram (DFD), N2 (N-Squared) Chart e o IDEF0 Diagram.



enhanced Function Flow Block Diagram (eFFBD)

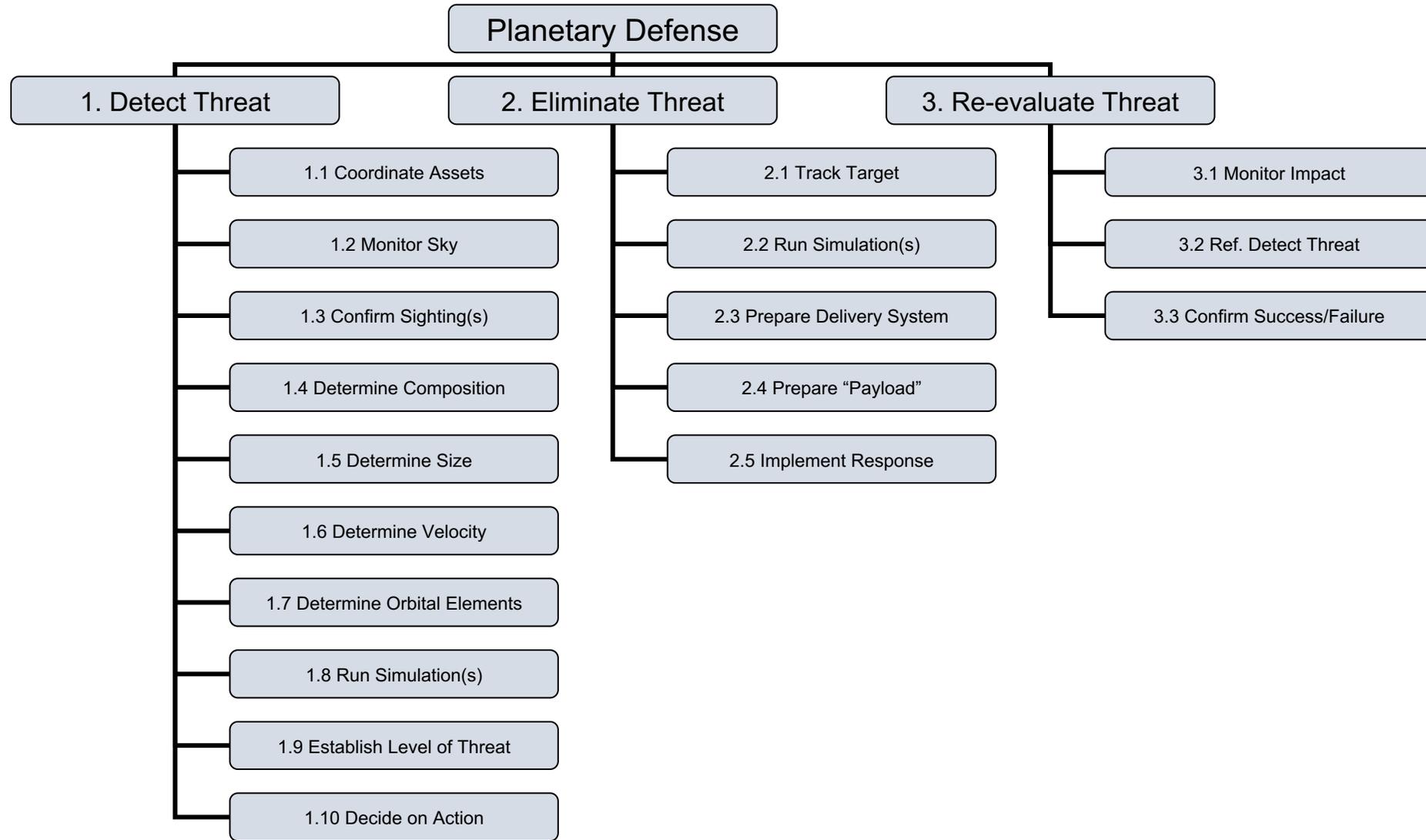
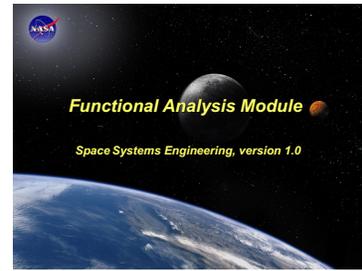


Introdução ao diagrama FFBD

- O FFBD é um diagrama de **várias camadas**, sequenciado, do **fluxo funcional** de um sistema.
- Um FFBD geralmente define as sequências e de suporte ao **delhamento passo a passo dos sistemas**, mas também pode ser usado de forma eficaz para definir processos ao desenvolver e produzir sistemas.
- No método FFBD, são organizadas e representadas por sua **ordem lógica de execução**.

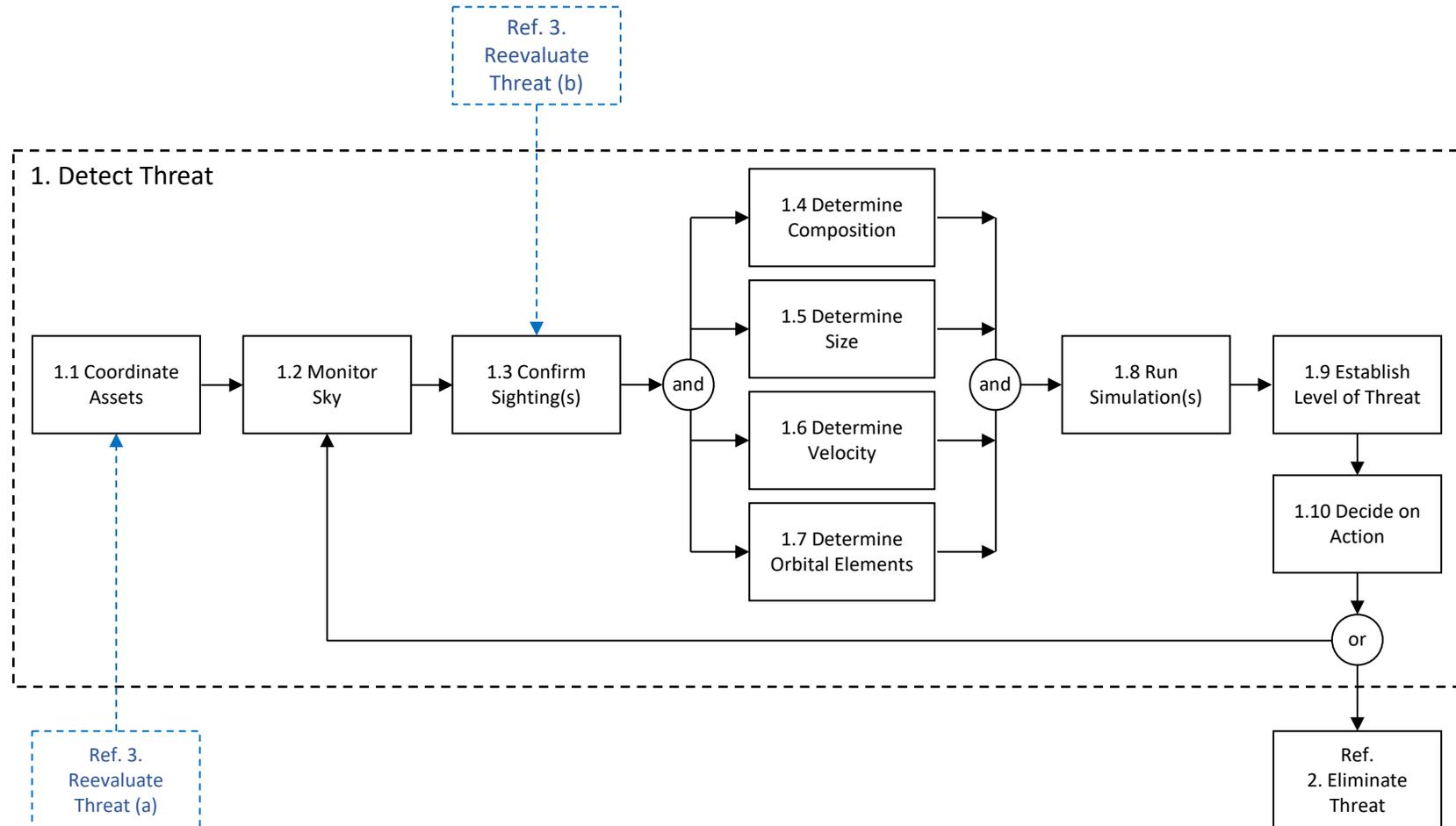


Planetary Defense Program



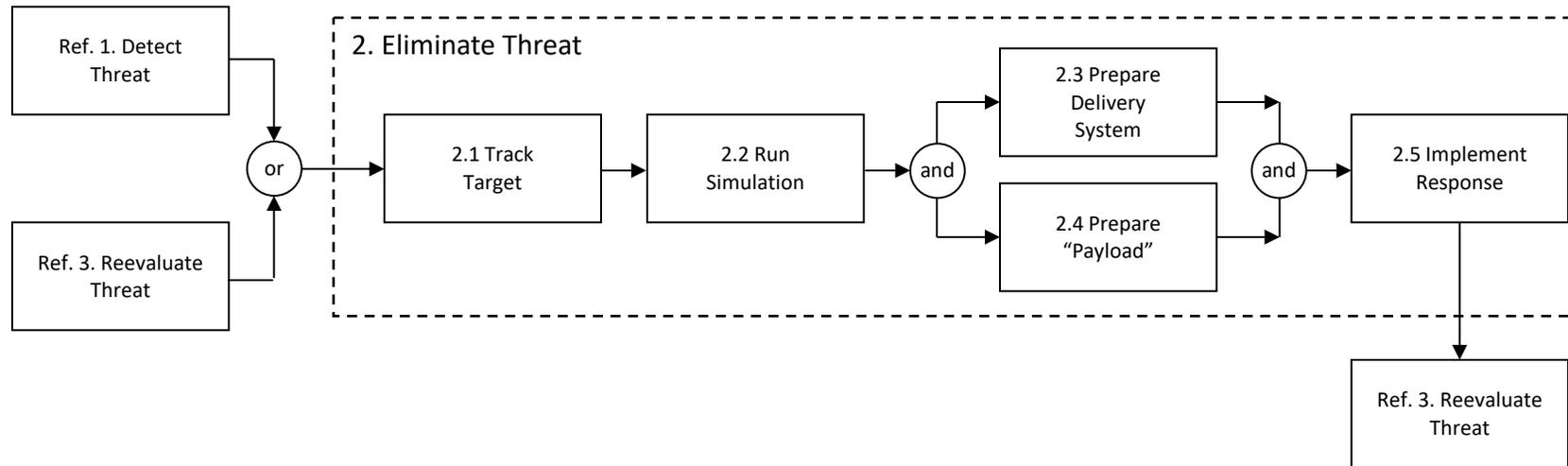


Planetary Defense Level 1 Functional Flow Block Diagram For Threat Detection



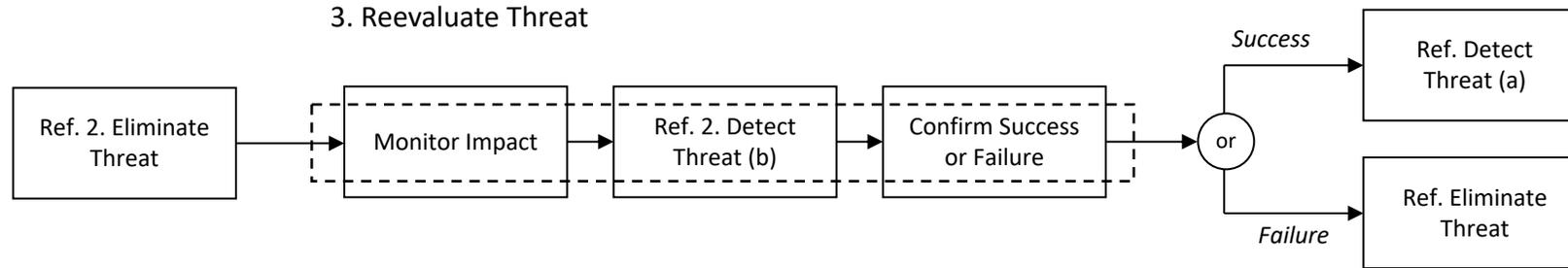


Planetary Defense Level 1 Functional Flow Block Diagram For Threat Elimination





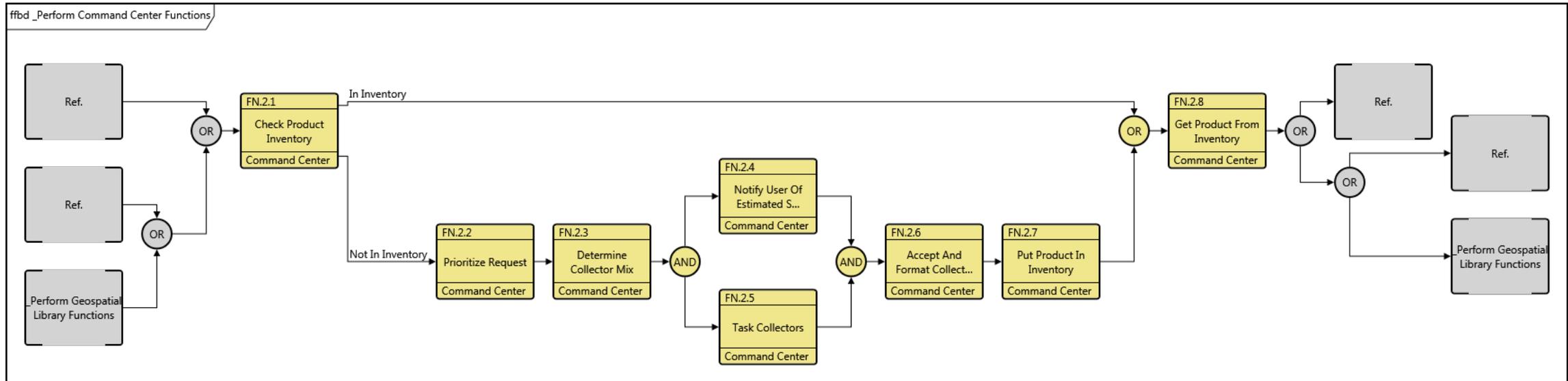
Planetary Defense Level 1 Functional Flow Block Diagram For Threat Reevaluation





Introdução ao diagrama FFBD

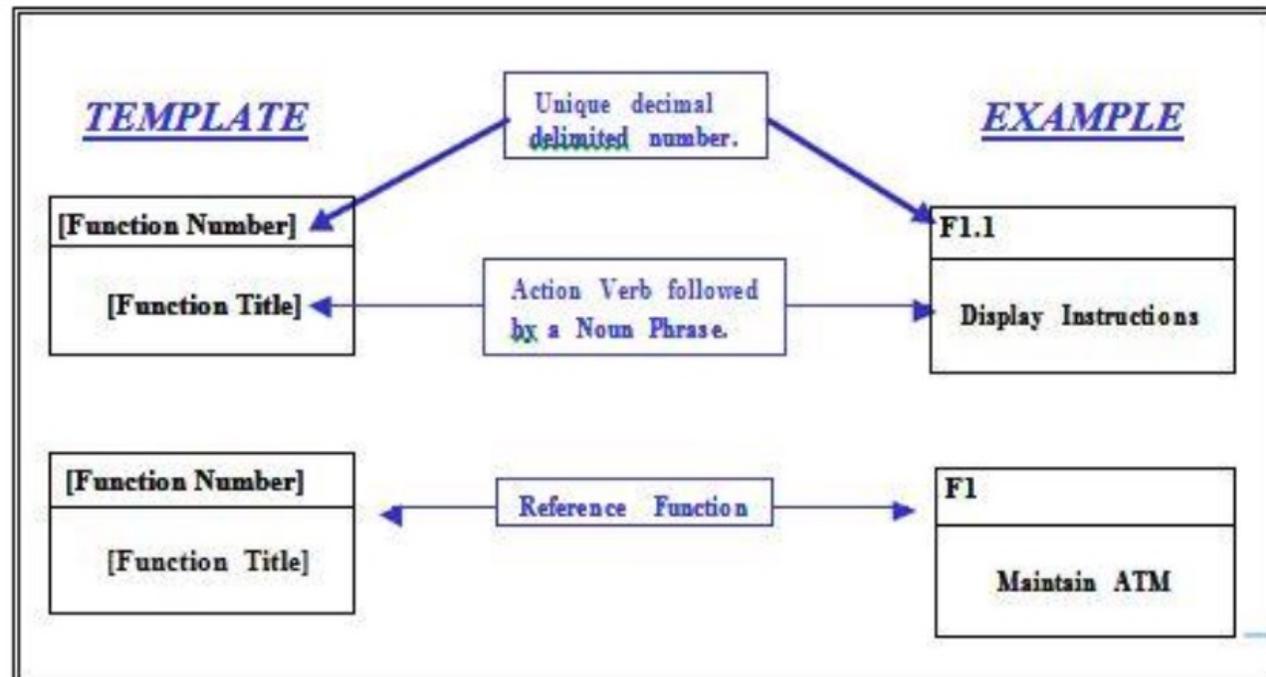
- Um conceito-chave na modelagem é que, para uma função começar, a função ou funções anteriores dentro do fluxo de "controle" devem ter terminado. Por exemplo, uma função "exibir destinos" logicamente não começaria até que uma função "detectar destinos" fosse concluída.
- A sequência lógica descreve o ambiente de "controle" do modelo funcional.
 - *UML/SysML incorporou essa lógica no diagrama de atividades*





Simbologia

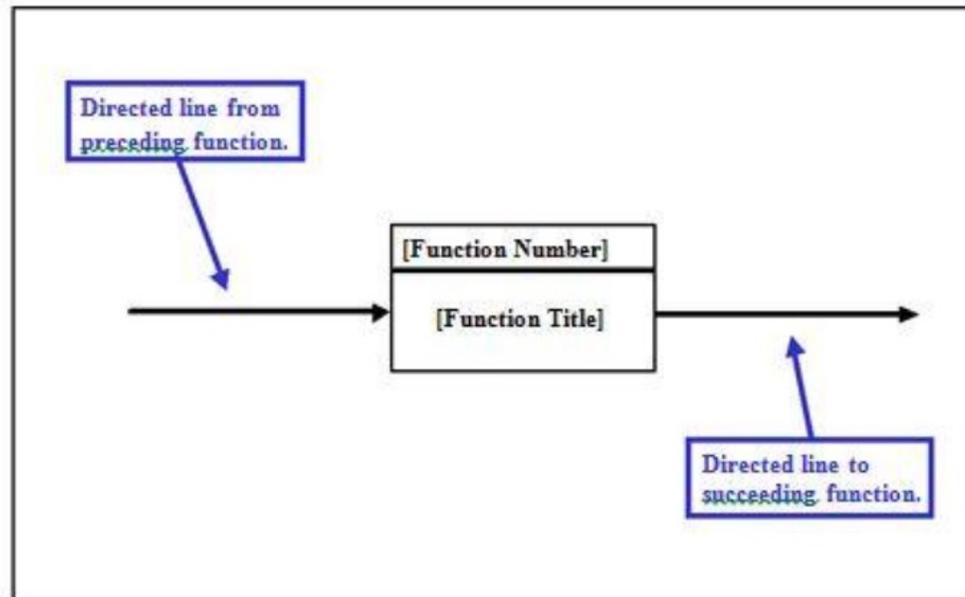
- Uma função deve ser representada por um retângulo contendo o título da função (um verbo de ação seguido de uma substantivo) e seu número exclusivo.





Fluxo funcional

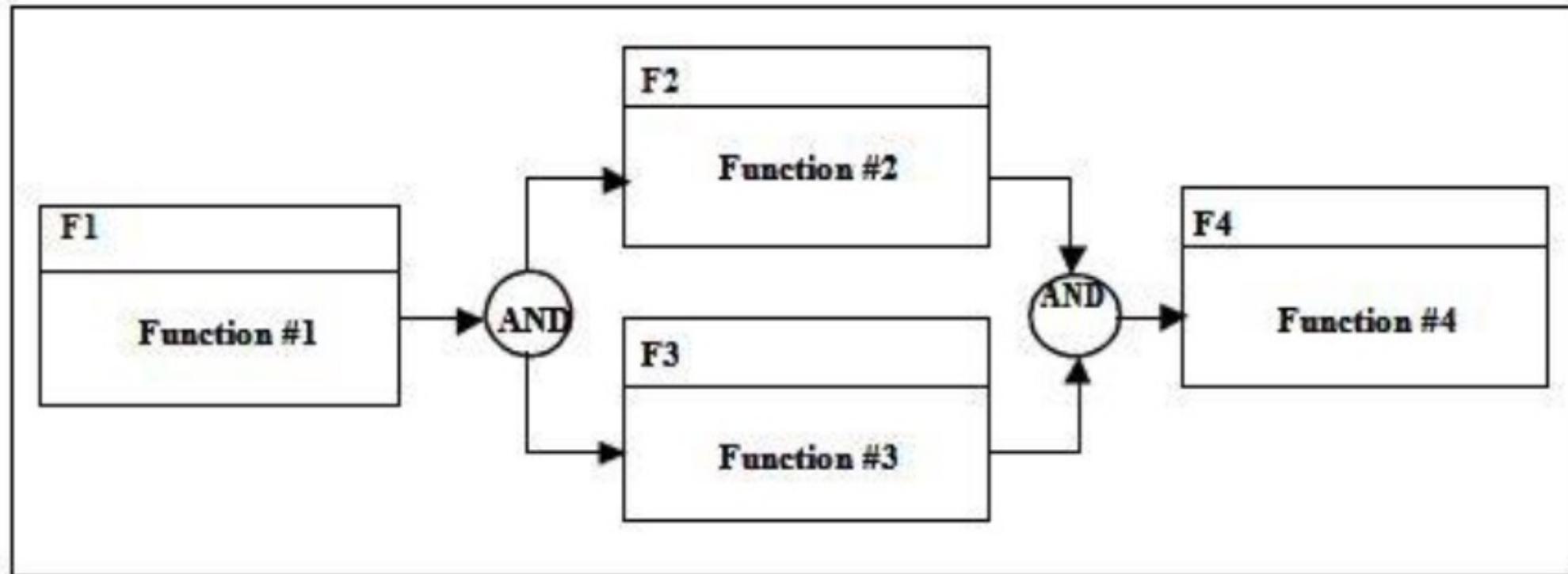
- Uma linha com uma única ponta de seta deve representar o fluxo funcional da esquerda para a direita.





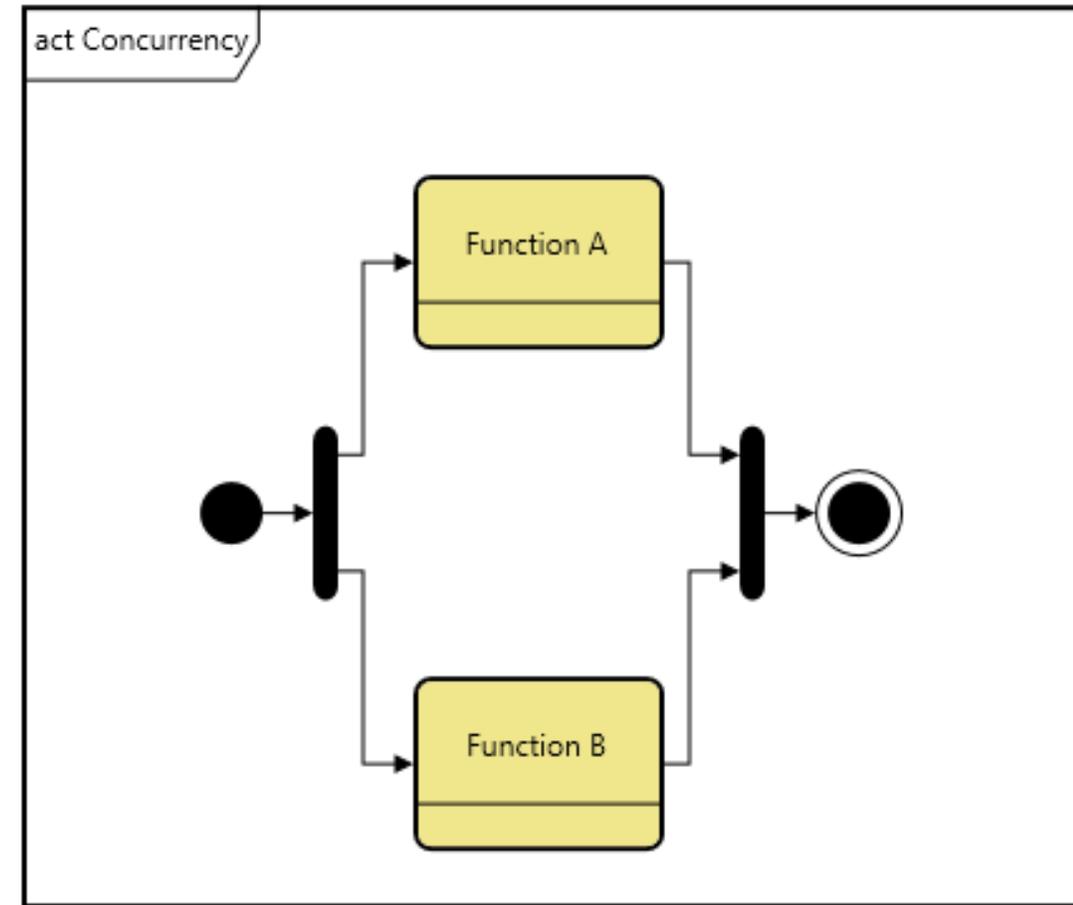
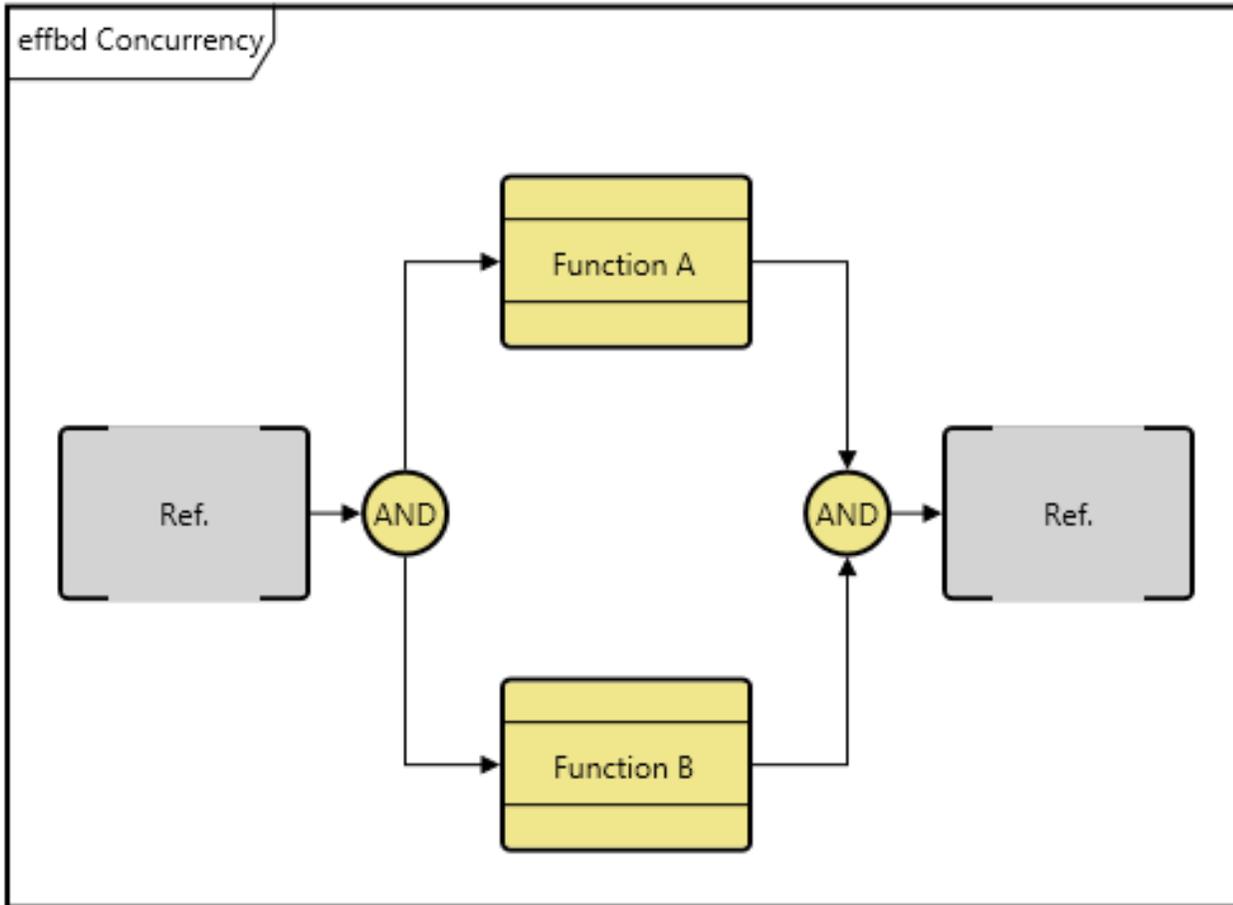
Condições lógicas: e (and)

- AND: Uma condição na qual todos os caminhos anteriores ou sucessivos são necessários.





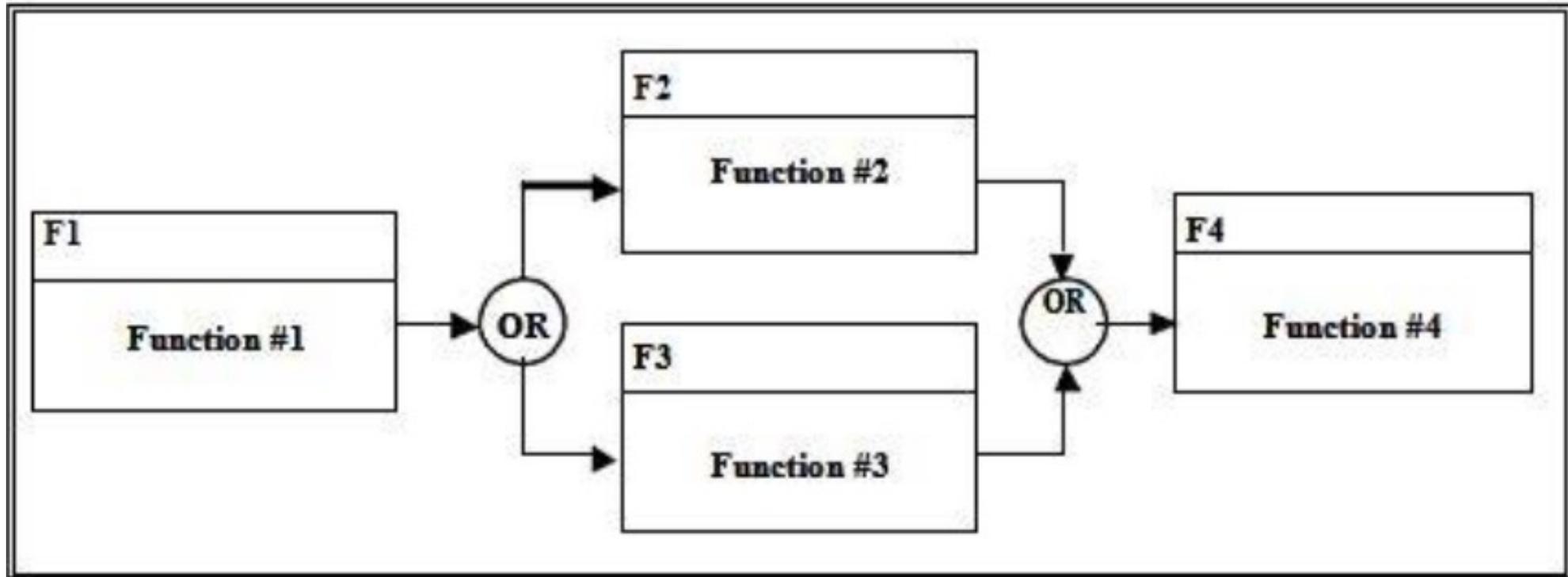
Também pode ser chamado concorrência / simultâneo ou paralelo





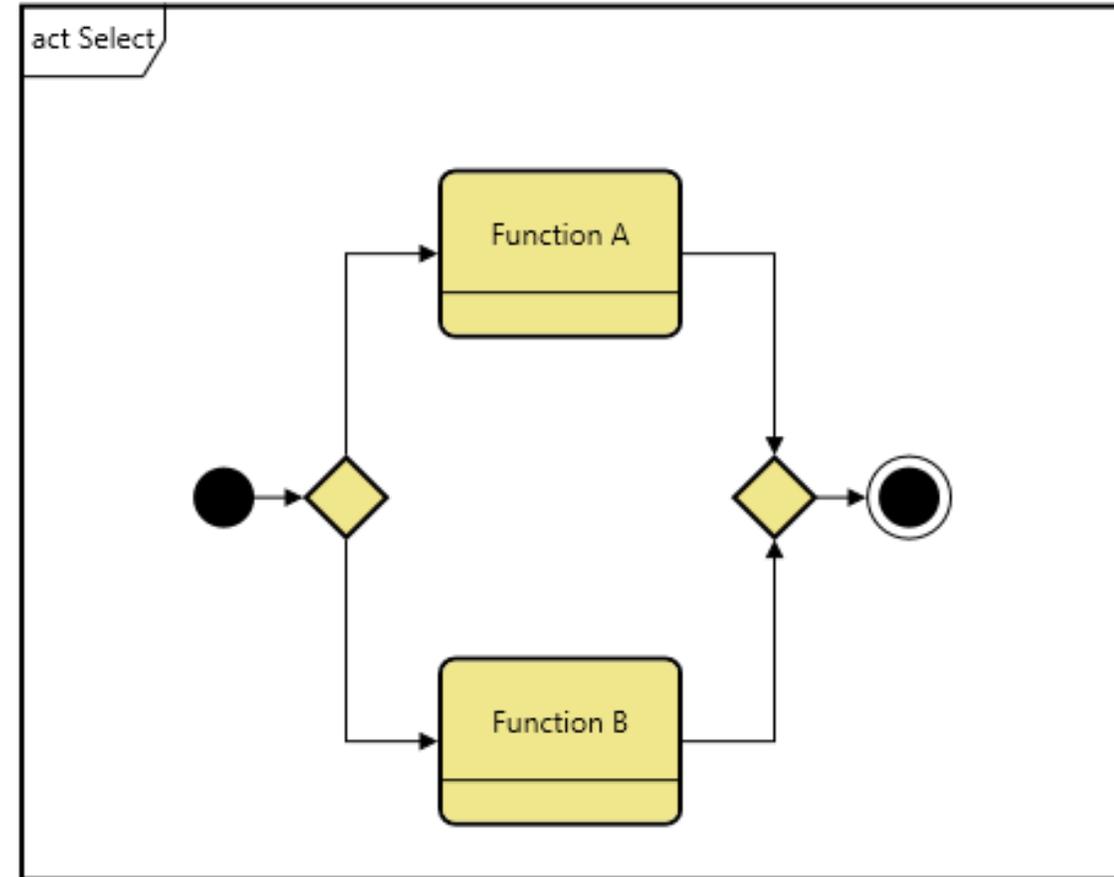
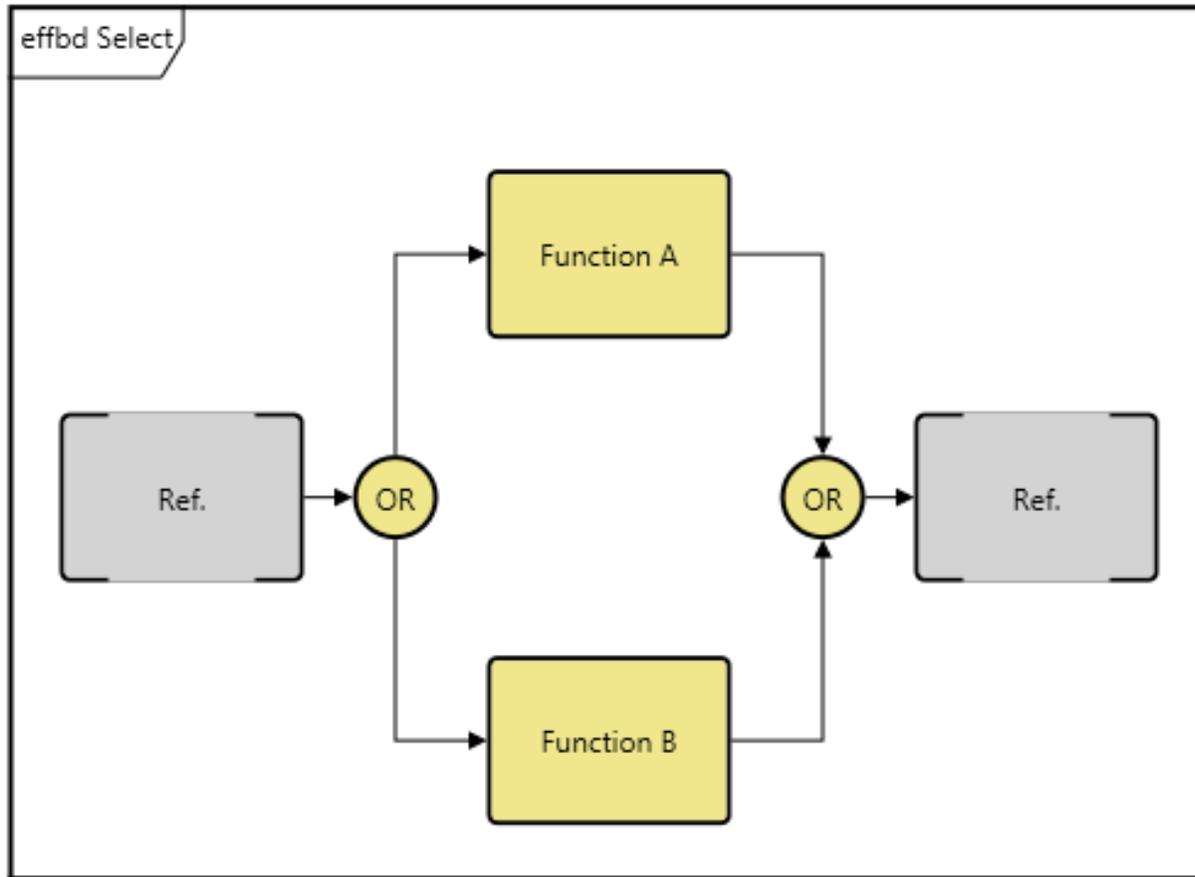
Condições lógicas: ou exclusivo

- Exclusive OR: Uma condição na qual um dos vários caminhos anteriores ou sucessivos é necessário, mas não todos.





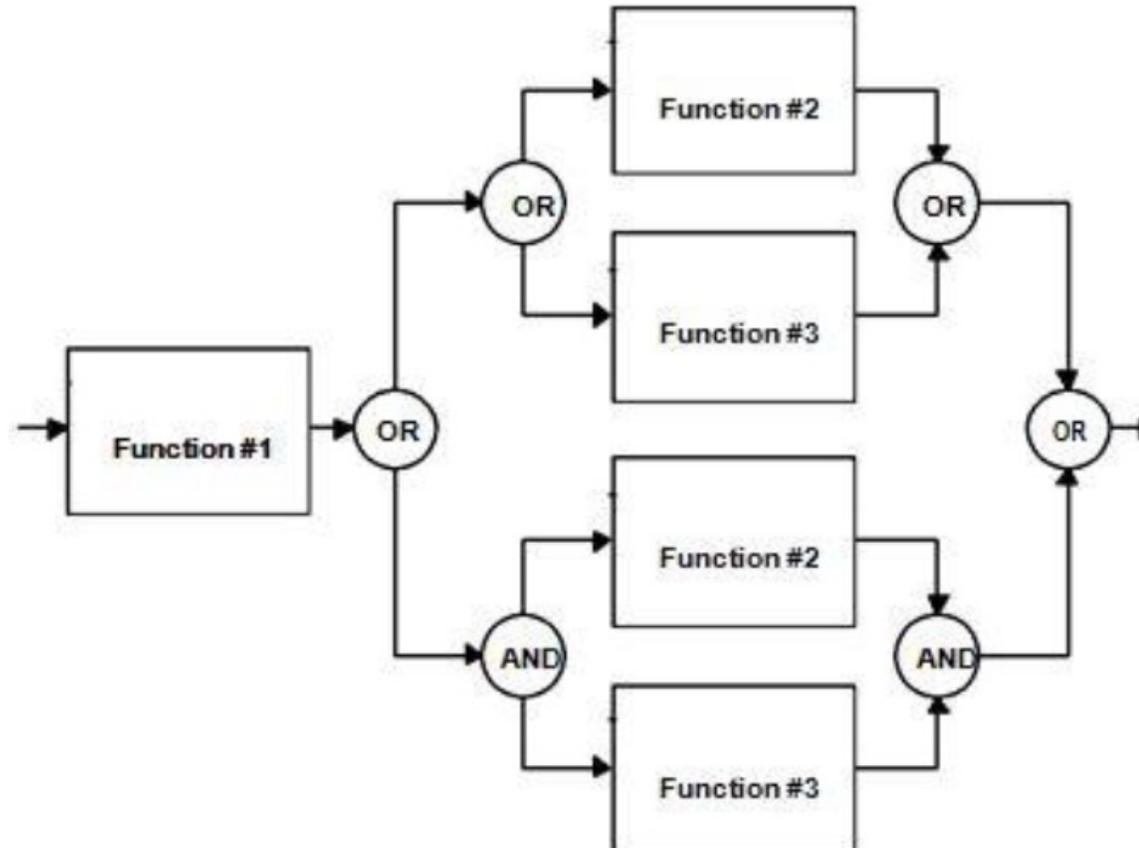
Também pode ser chamado select





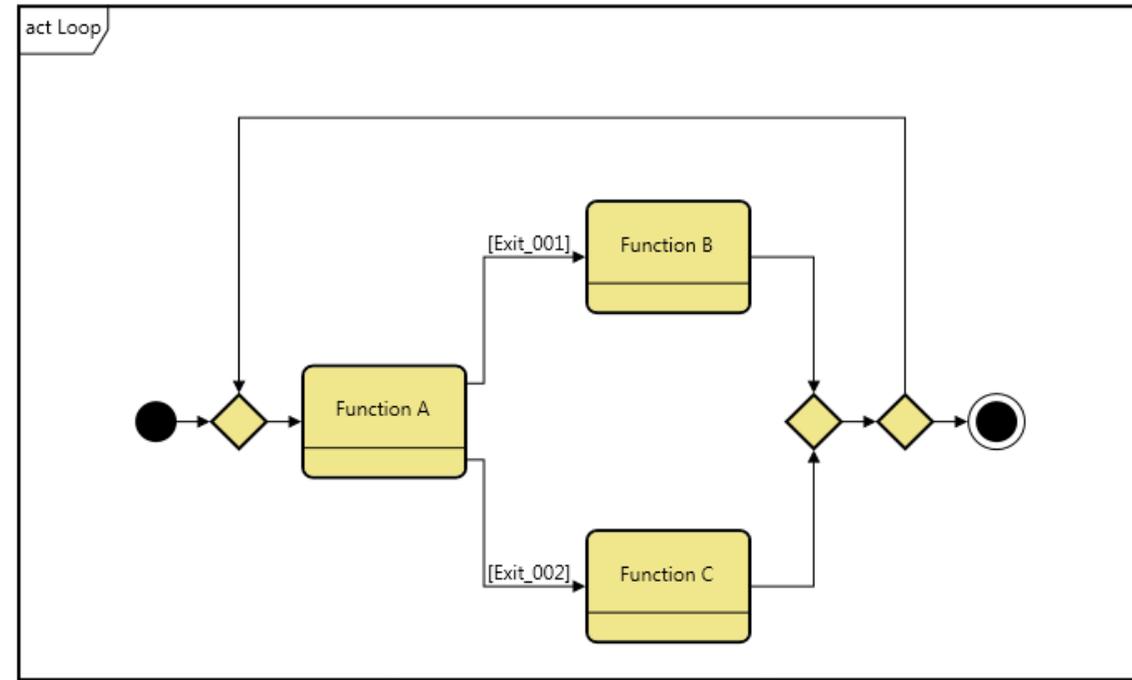
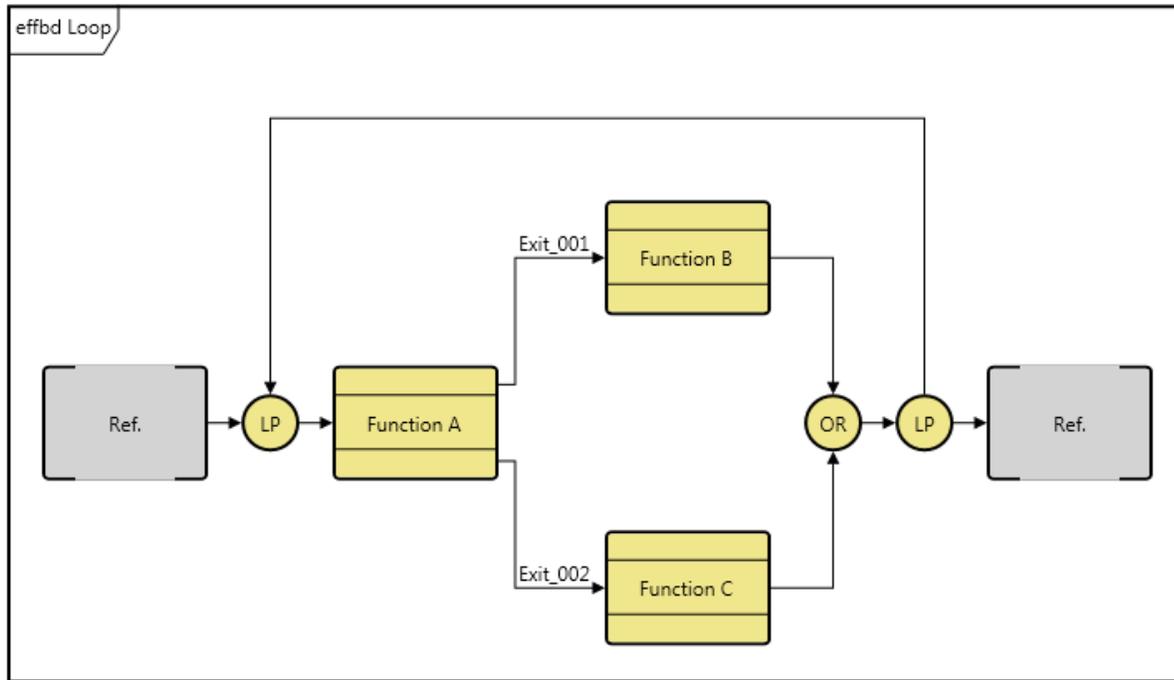
Condições lógicas: ou inclusivo

- Inclusive OR: Uma condição na qual um, alguns ou todos os vários caminhos anteriores ou sucessivos são necessários.





Loop (possui condição de saída)





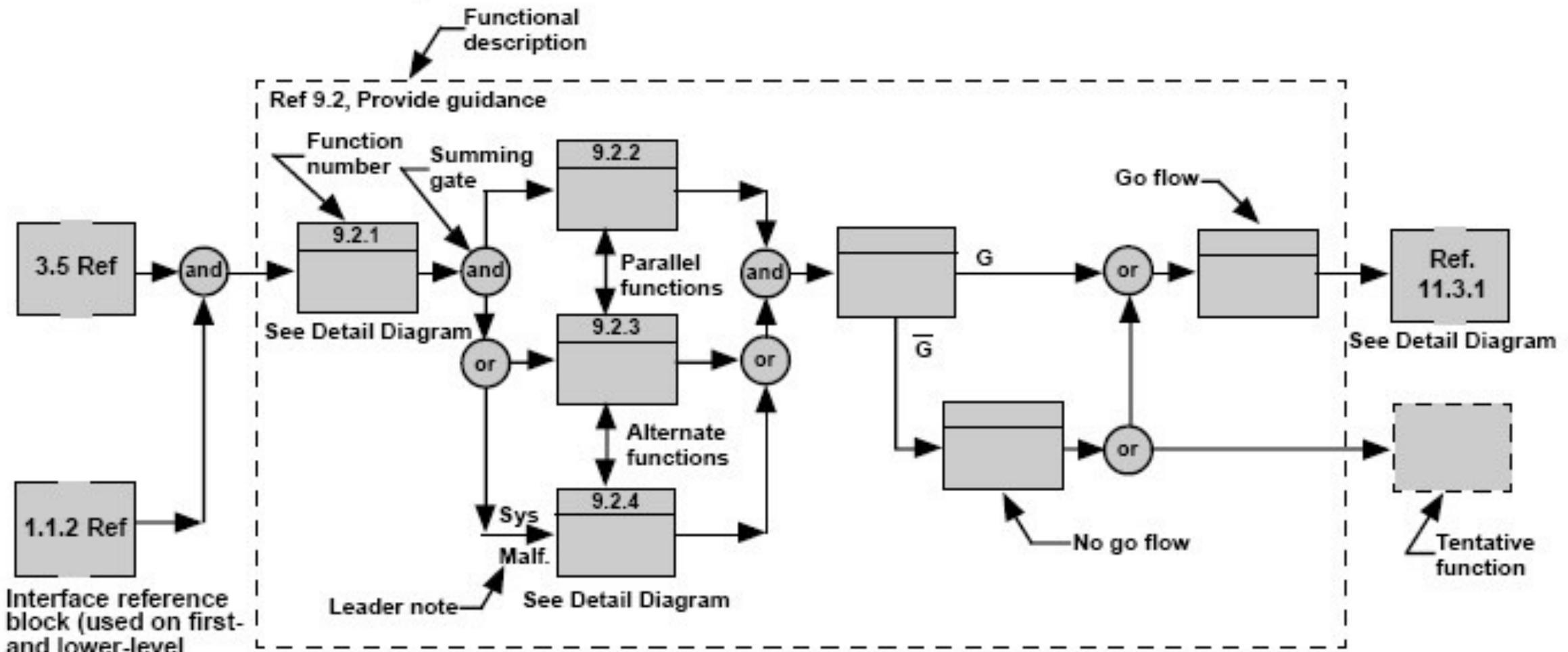
Desenvolvimento de diagramas funcionais de blocos de fluxo

- FFBDs podem ser desenvolvidos **em uma série de níveis**.
- Os FFBDs mostram as mesmas tarefas identificadas através da **decomposição funcional** e as exibem em sua relação lógica e sequencial.
-
- O FFBD também incorpora **operações alternativas** e de contingência, que melhoram a probabilidade de sucesso da missão. O diagrama de fluxo fornece uma compreensão da operação total do sistema, serve como base para o desenvolvimento de procedimentos operacionais e de contingência.

Abbreviations/Notes:

“And” Gate: Parallel Function

“Or” Gate: Alternate Function

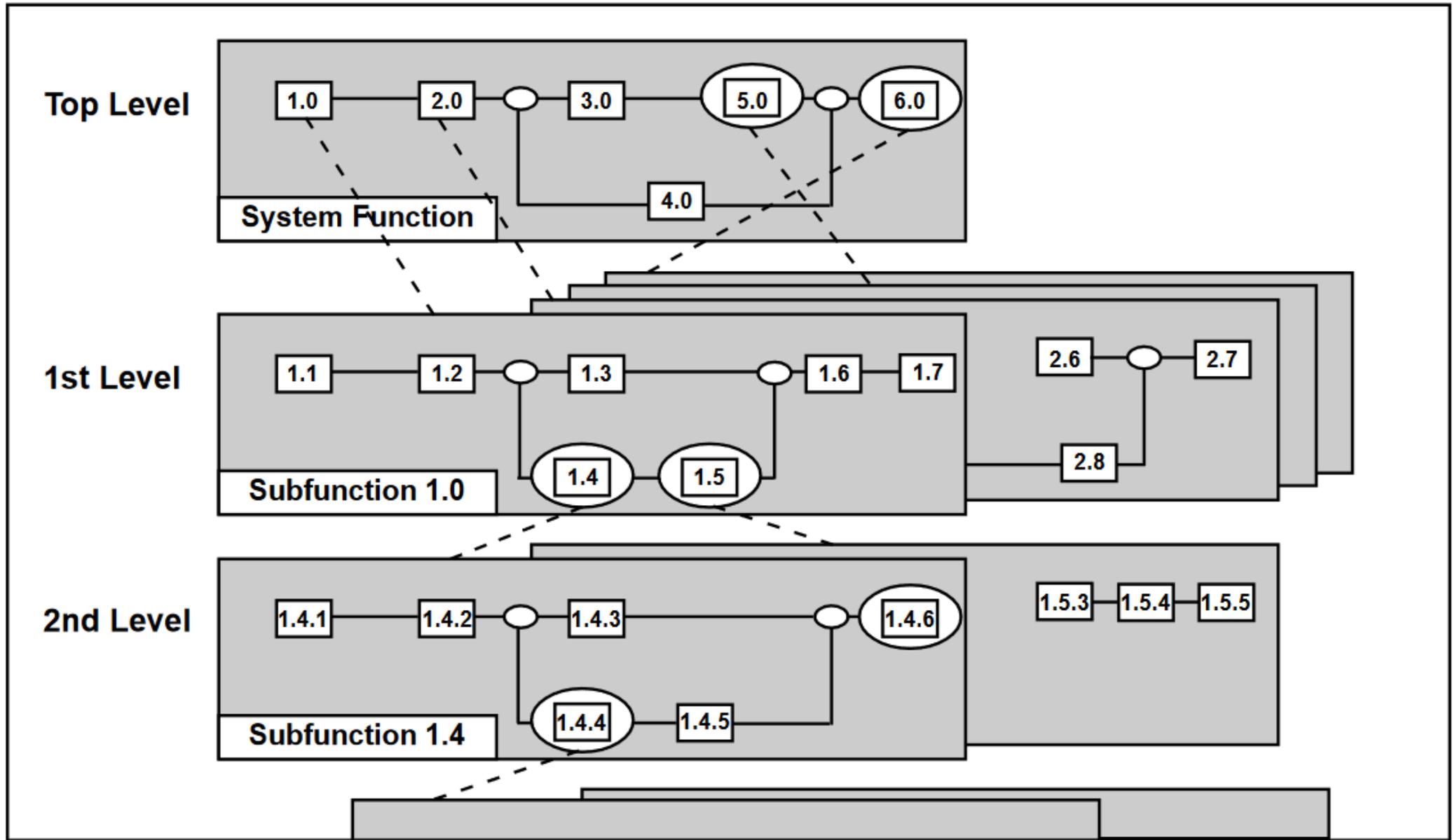


Interface reference block (used on first- and lower-level function diagrams only)

Scope Note: _____

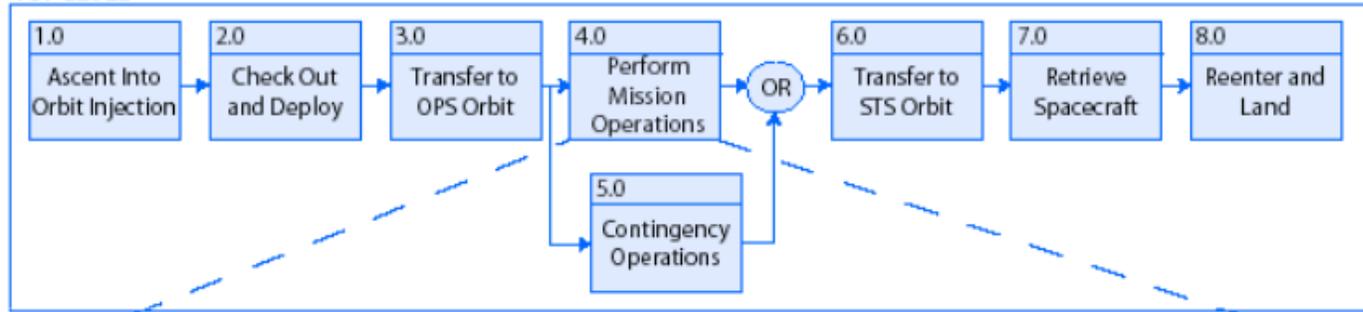
Title block and standard drawing number →

Functional Flow Block Diagram Format

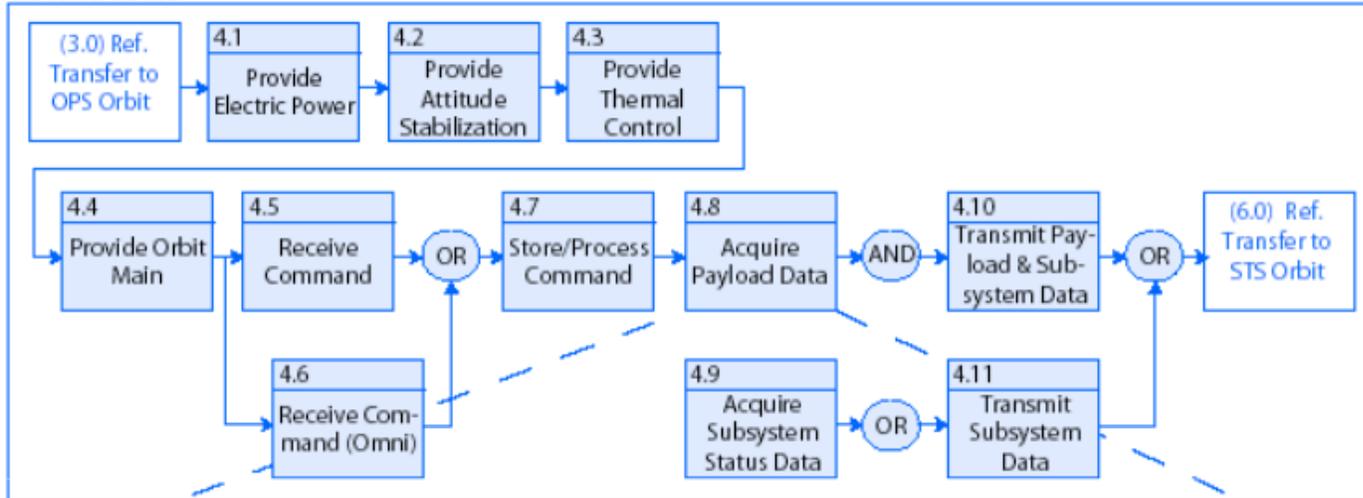




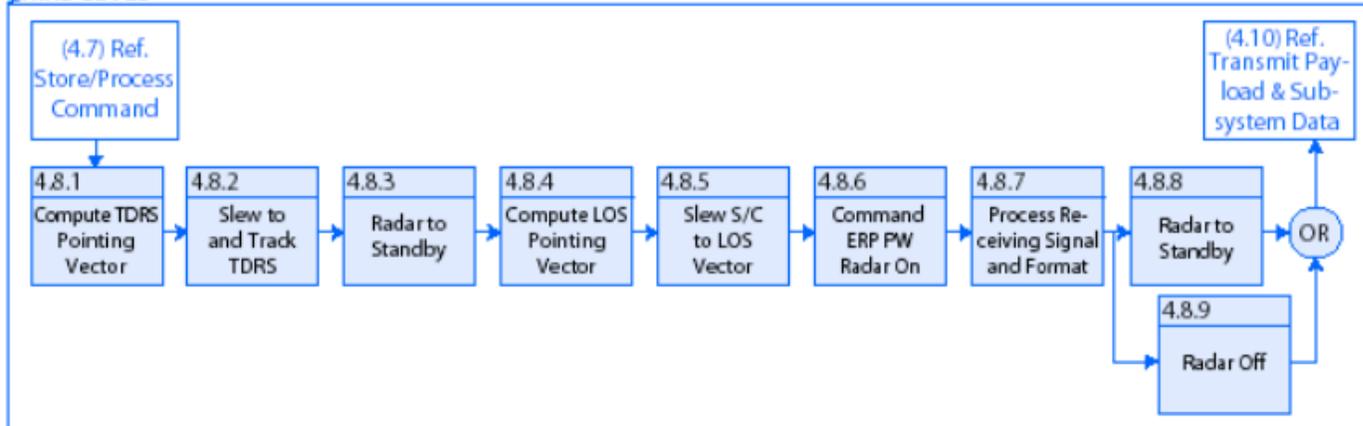
TOP LEVEL



SECOND LEVEL



THIRD LEVEL





enhanced Functional Flow Block Diagram

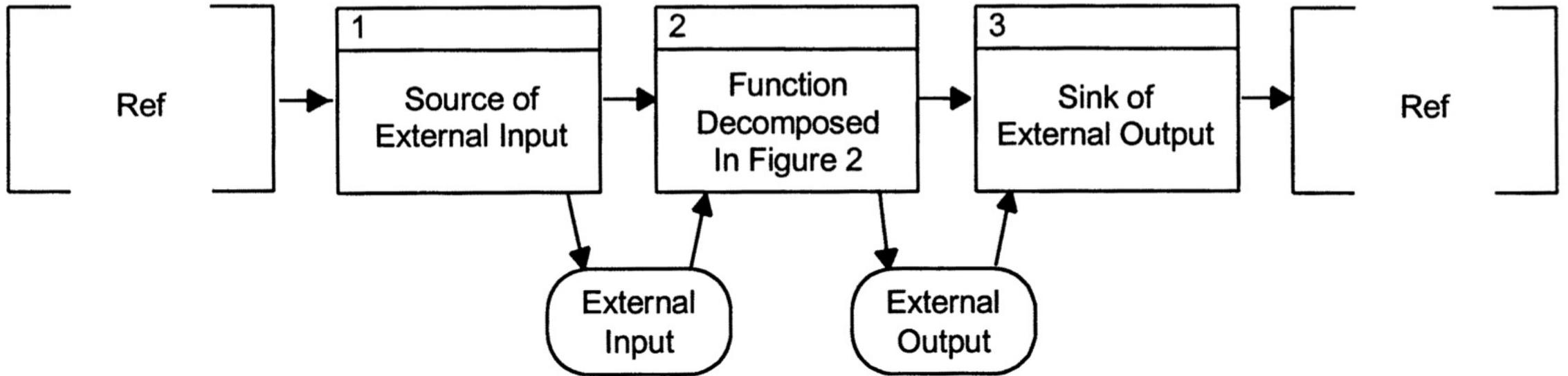


Figure 1. Enhanced functional flow block diagram context for Figure 2.

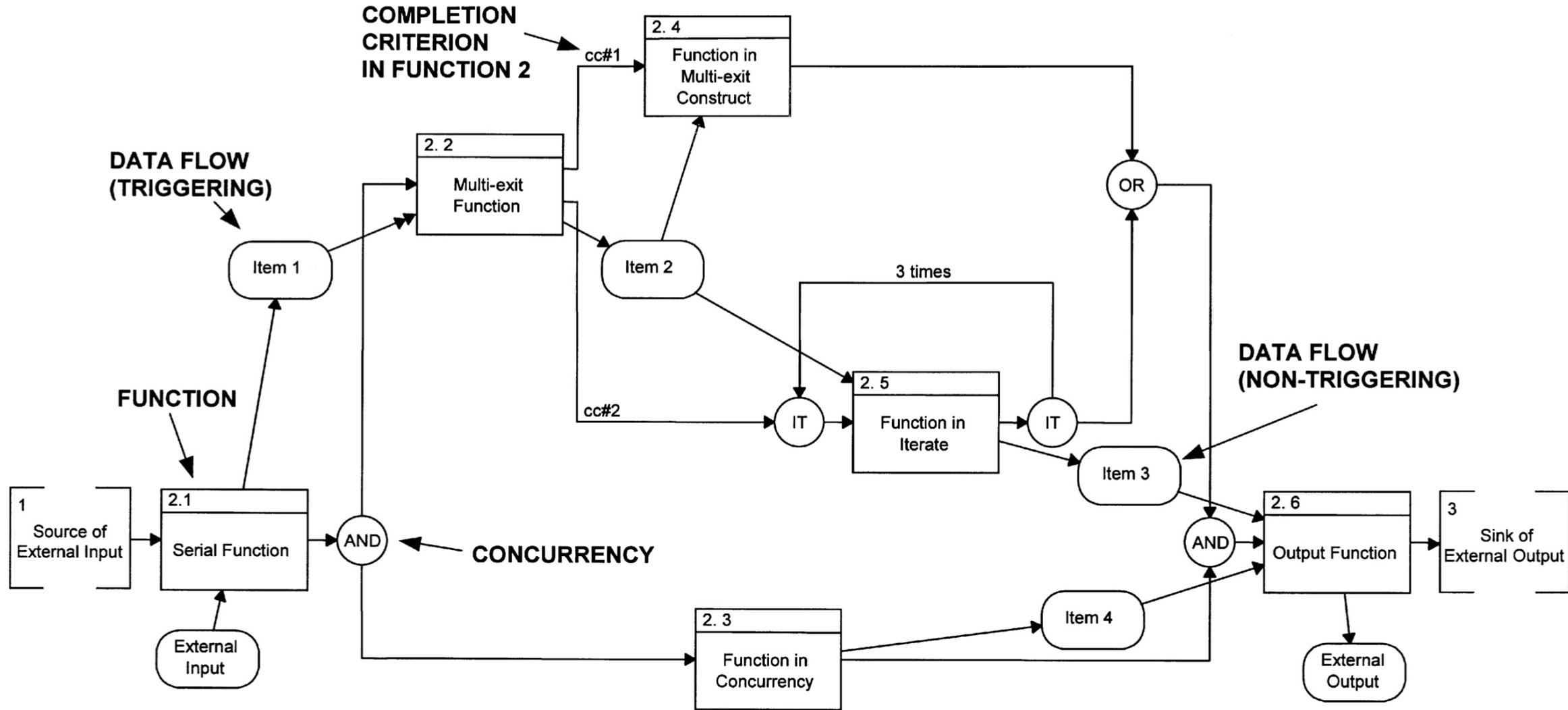


Figure 2. Enhanced functional flow block diagram for function 2 in Figure 1.



Data Flow Diagram (DFD)



Diagrama de Fluxo de Dados

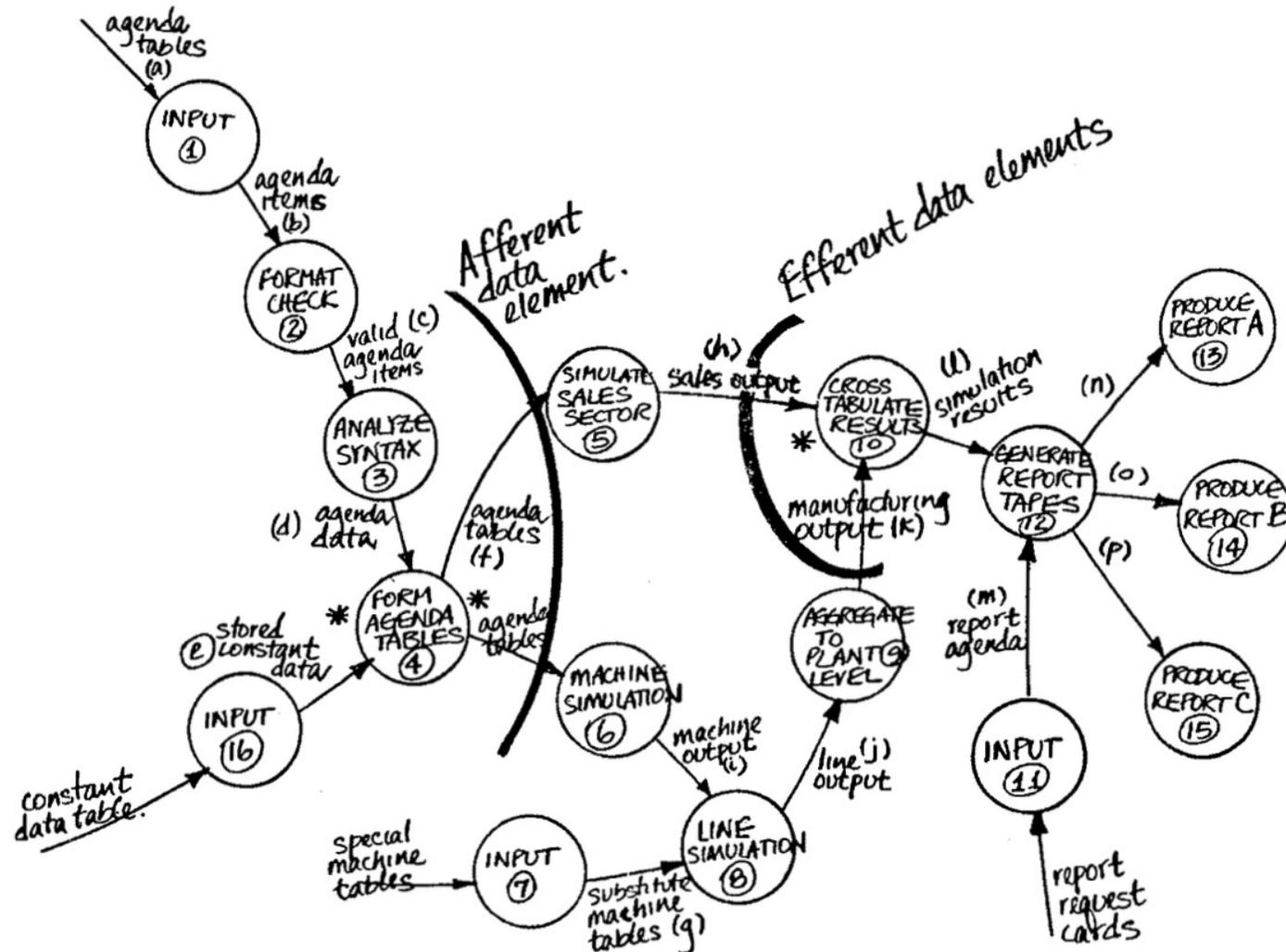


Figure 10.5. Data flow diagram for a simulation system.



Origem

- O diagrama de fluxo de dados (DFD) é uma representação gráfica ou visual que usa um conjunto padronizado de símbolos e notações para descrever as operações por meio da movimentação de dados.
- Eles são muitas vezes elementos de uma metodologia formal, como o Método de Análise e Projeto de Sistemas Estruturados.



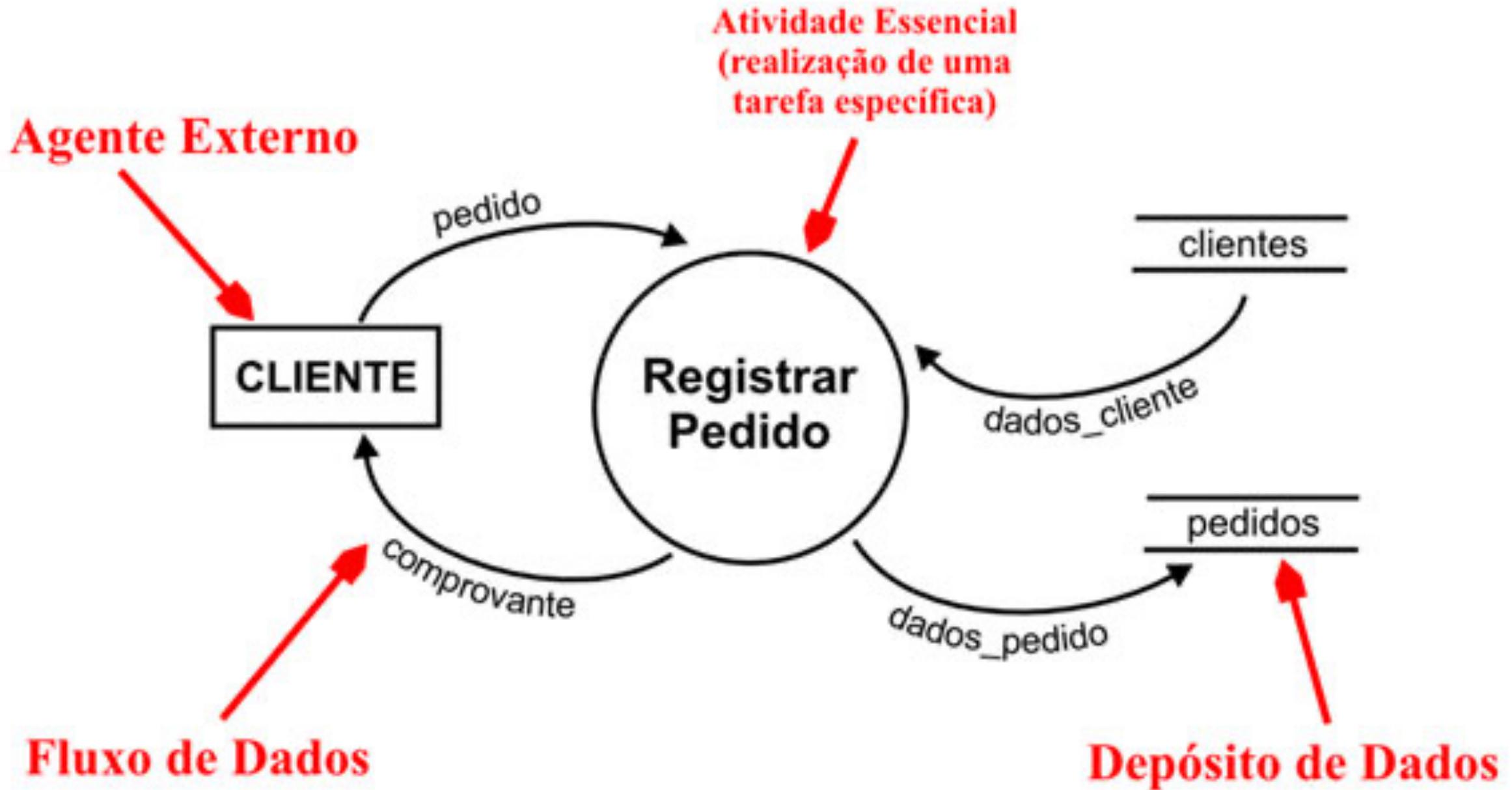
Todas as notações de DFD:

- **External entities:** informações que entram ou saem do Sistema
- **Flows:** definir o movimento de informações para, de e dentro do sistema
- **Stores:** locais onde as informações são mantidas, na maioria das vezes bancos de dados ou tabelas de banco de dados
- **Processes:** transformador de informações



Níveis ou camadas são usados em DFDs para representar graus progressivos de detalhe

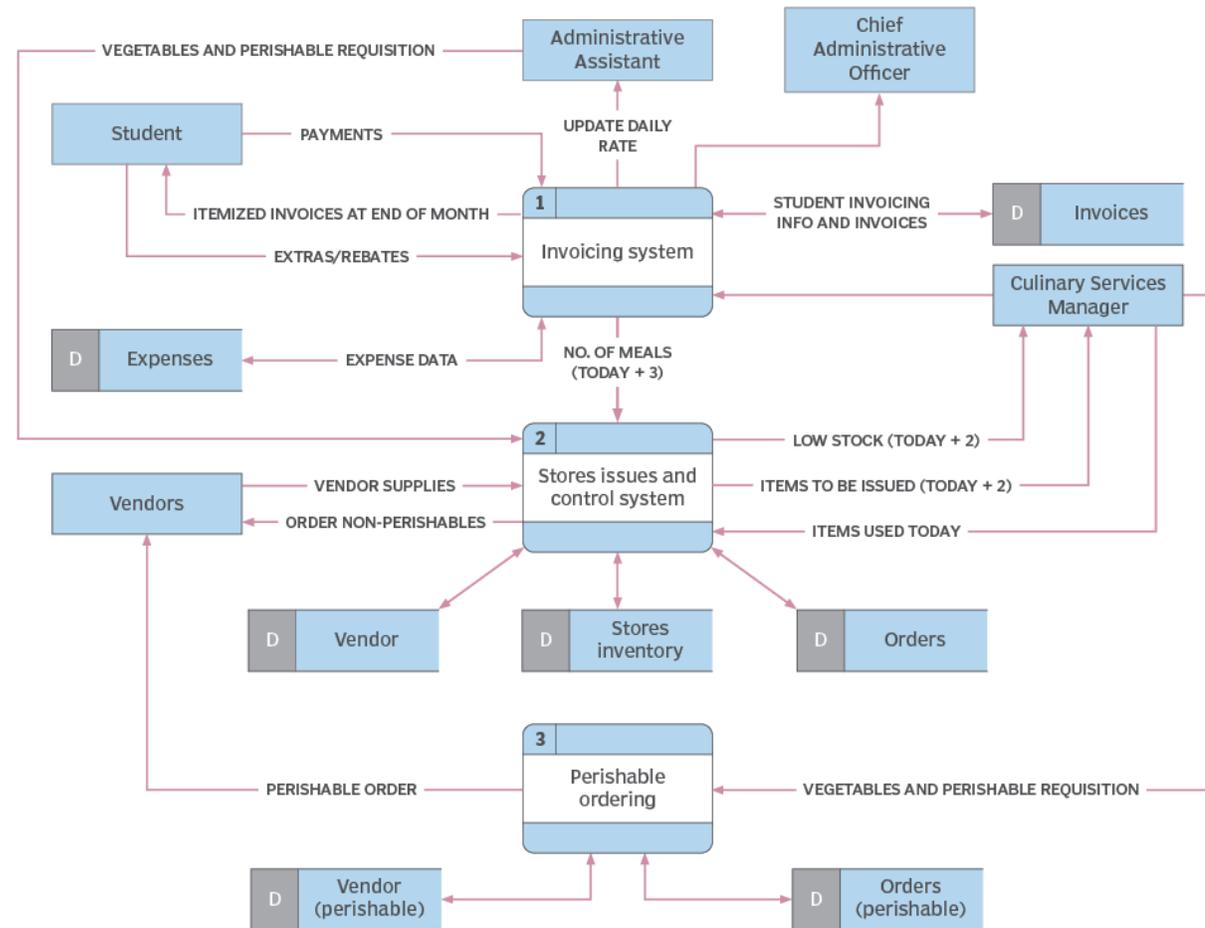
- **Level 0:** Também conhecido como "diagrama de contexto", este é o nível mais alto e representa uma visão muito simples e de nível superior do sistema que está sendo representado.
- **Level 1:** Ainda uma visão relativamente ampla do sistema, mas incorpora subprocessos e mais detalhes.
- **Level 2:** Fornece ainda mais detalhes e continua a detalhar os subprocessos conforme necessário.
- **Level 3:** Embora essa quantidade de detalhes seja incomum, sistemas complexos podem se beneficiar da representação nesse nível.





Example of a data flow diagram

Using the Gane & Sarson method, this data flow diagram shows the information system of a school's culinary program.





N2 (N-Squared)



Diagrama N2

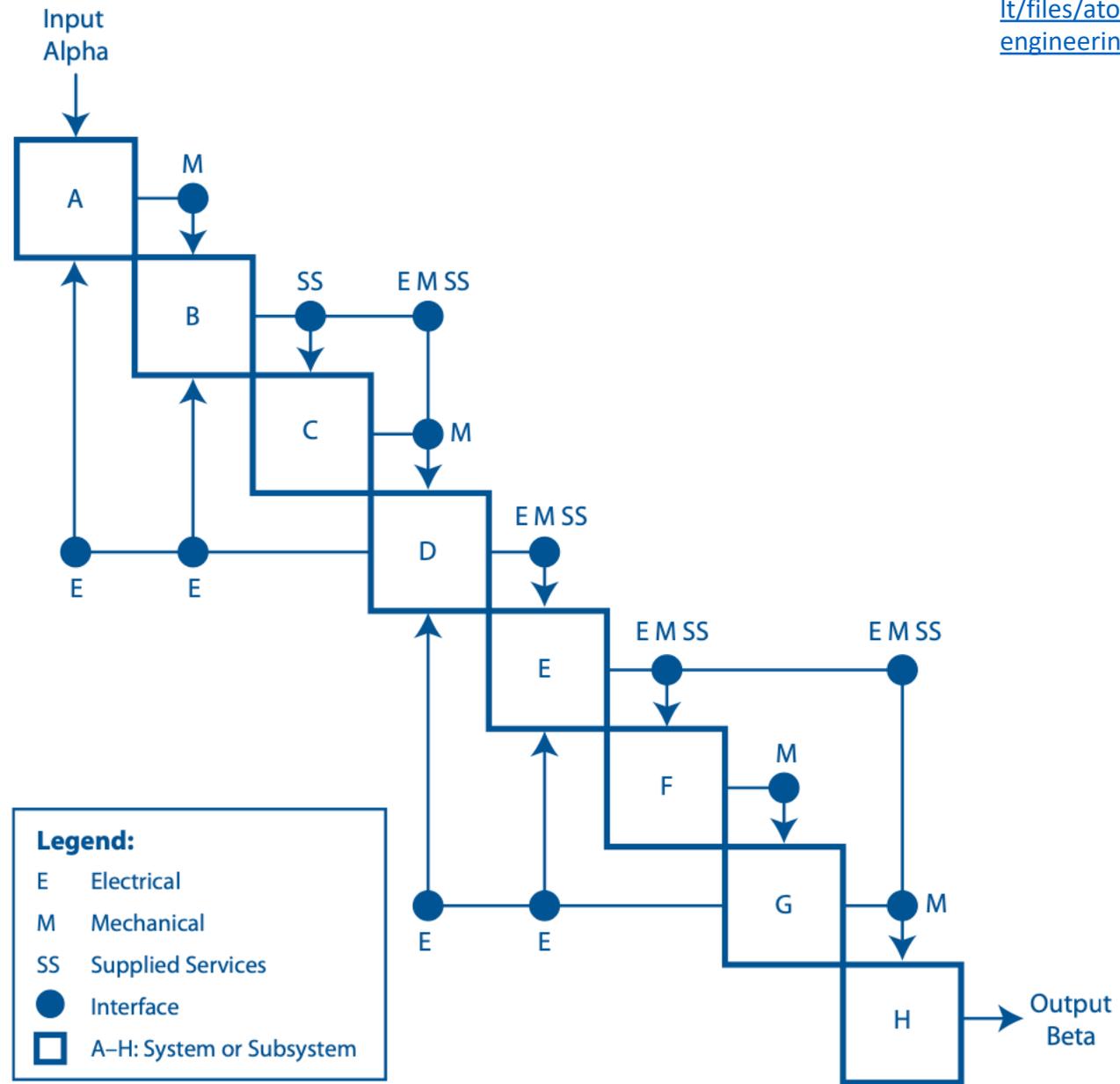


Figure 4.3-4 Example of an N2 diagram



Diagrama N2

- O diagrama N2 tem sido amplamente utilizado para desenvolver interfaces de dados, principalmente nas áreas de software. No entanto, ele também pode ser usado para desenvolver interfaces de hardware.
- As funções do sistema são colocadas na diagonal; o restante dos quadrados na matriz $N \times N$ representa as entradas e saídas da interface. Quando um espaço em branco aparece, não há interface entre as respectivas funções.
- Os dados fluem no sentido horário entre as funções (por exemplo, o símbolo $F_1 \rightarrow F_2$ indica dados que fluem da função F_1 para a função F_2).
- Os dados que estão sendo transmitidos podem ser definidos nos quadrados apropriados.

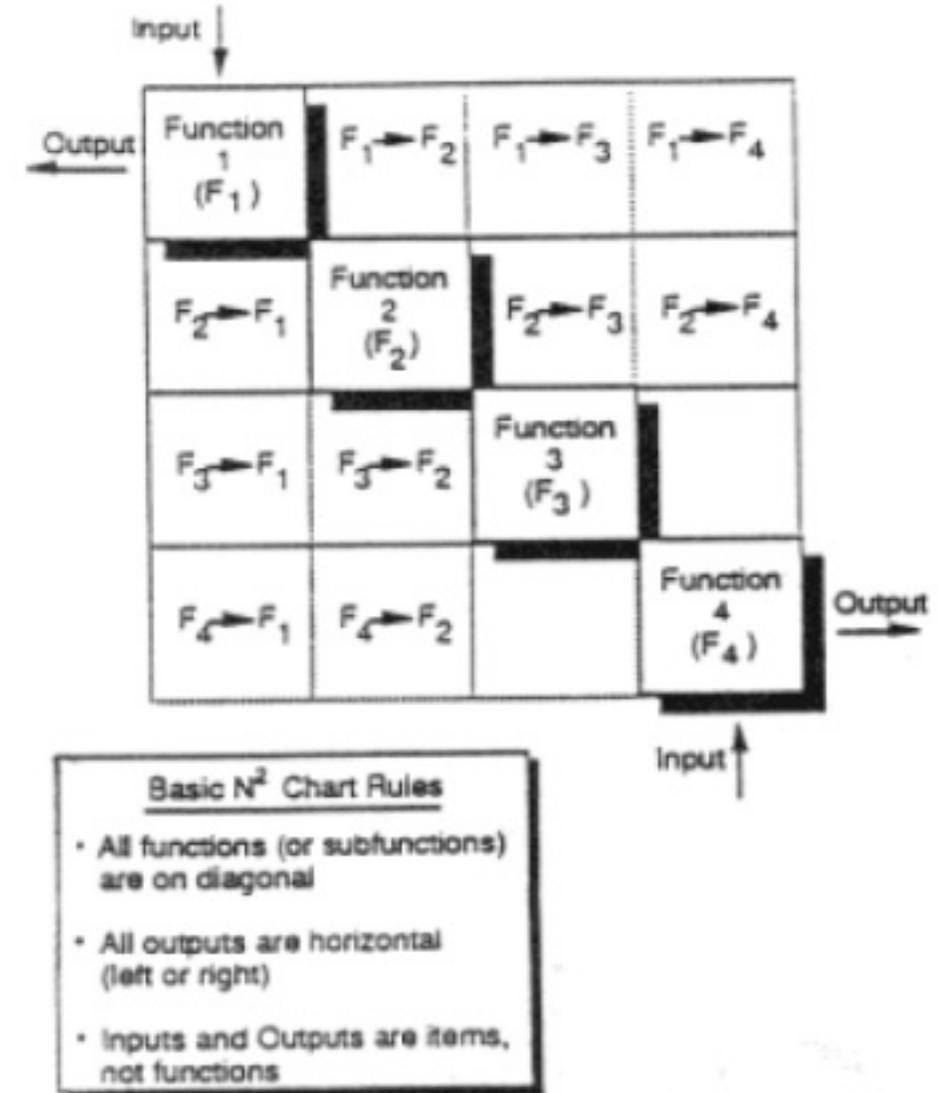
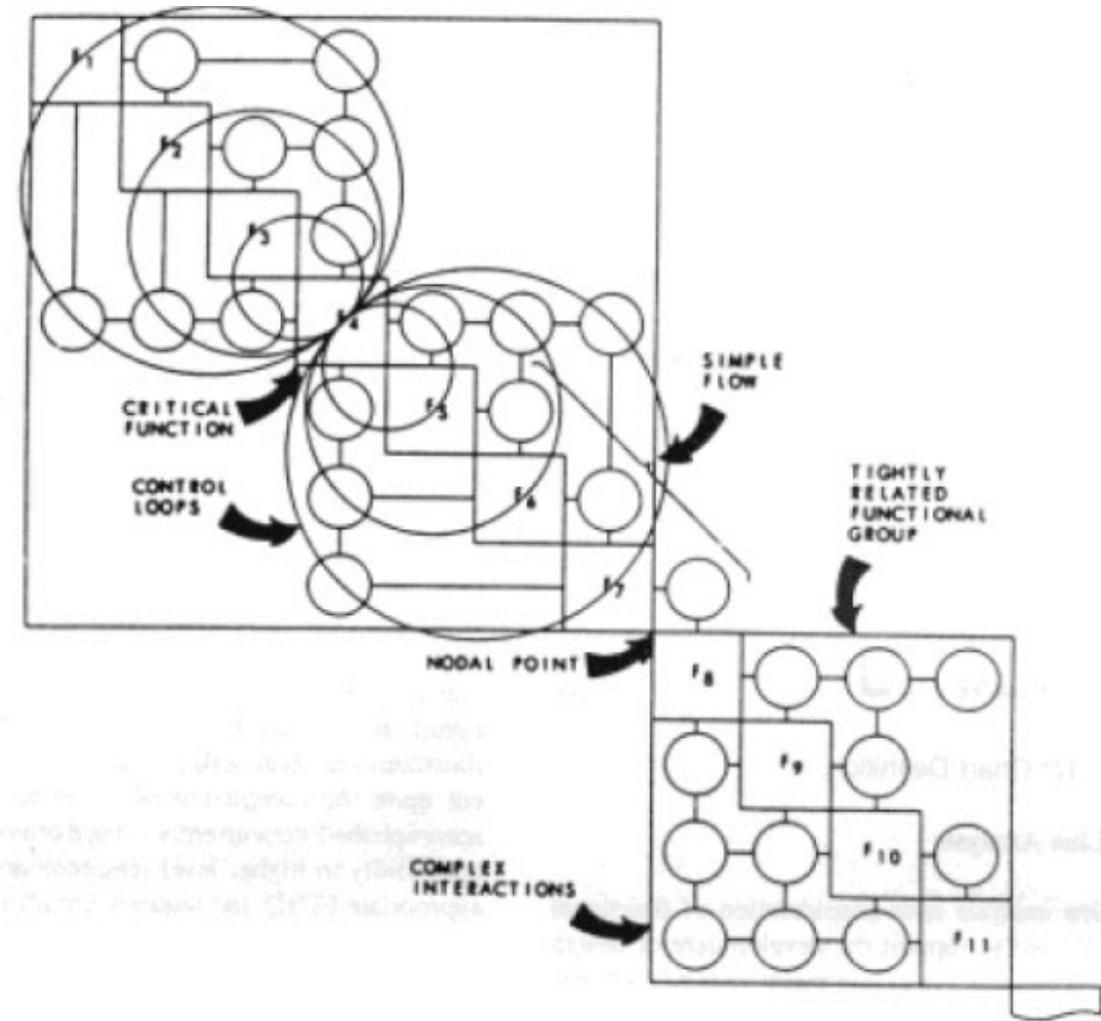


Figure B-7 — N² Chart Definition.



- Alternativamente, o uso de círculos e números permite uma listagem separada das interfaces de dados.
- O fluxo de dados no sentido horário entre funções que têm um loop de feedback pode ser ilustrado por um círculo maior chamado loop de controle.
- A identificação de uma função crítica, onde a função F4 tem um número de entradas e saídas para todas as outras funções no módulo superior.
- Existe um fluxo simples de dados de interface entre os módulos superior e inferior nas funções F7 e F8.
- O módulo inferior tem interação complexa entre suas funções.
- O gráfico N2 pode ser feito para níveis sucessivamente mais baixos para os níveis funcionais dos componentes de hardware e software. Além de definir os dados que devem ser fornecidos em toda a interface, o gráfico N2 pode identificar áreas onde podem surgir conflitos.





Análise usando o N2

- N2 Analysis é uma ferramenta que usa uma matriz $n \times n$ para registrar as interconexões entre elementos de um sistema. Tem uma série de usos potenciais:
 - No projeto do sistema para avaliar o grau de ligação e acoplamento em um sistema e, assim, determinar arquiteturas candidatas com base na estrutura natural do sistema.
 - No projeto de sistemas para registrar, e daí ajudar a gestão de, as interfaces em um sistema.
 - Na análise de sistemas para identificar e documentar a interconectividade em um sistema para ajudar a entender o comportamento observado e fornecer orientação para melhoria.



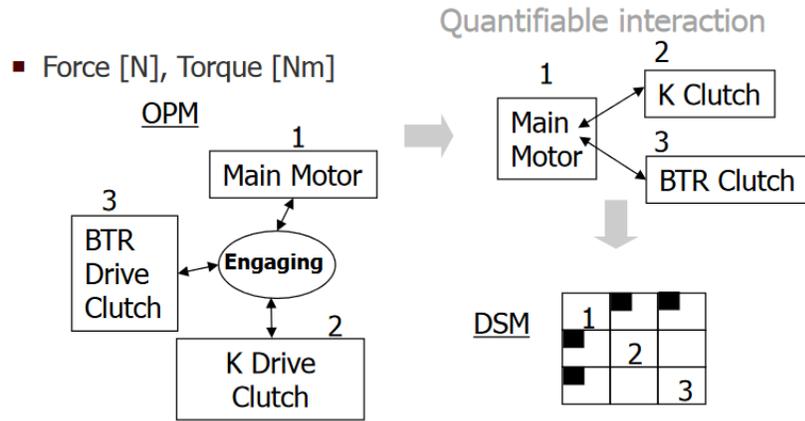
N2 É MUITO USADO PARA MAPEAR INTERFACES

Data types	Representation	Applications
Component-based (ProdBuct)	Component relationships	System architecting, engineering and design
People-based (Organization)	Organizational unit relationships	Organizational design, interface management, team integration
Activity-based (Process)	Activity input/output relationships	Process improvement, project scheduling, iteration management, information flow management
Parameter-based (low-level Process)	Design parameter relationships	Low level activity sequencing and process construction, sequencing design decisions

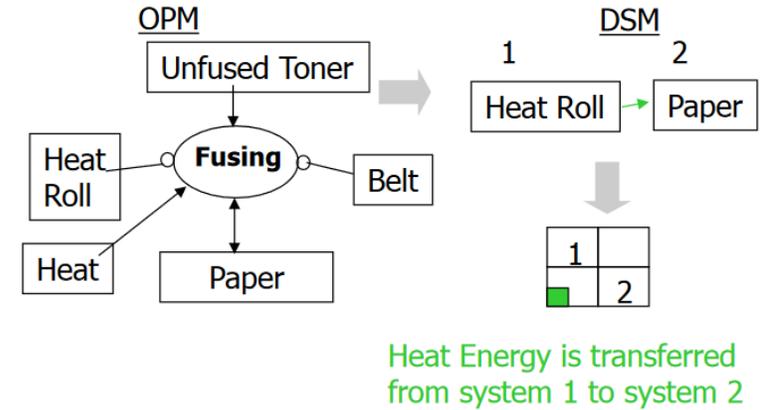


A ENGENHARIA DE SISTEMAS GERALMENTE LIDA COM 4 TIPOS DE INTERFACES

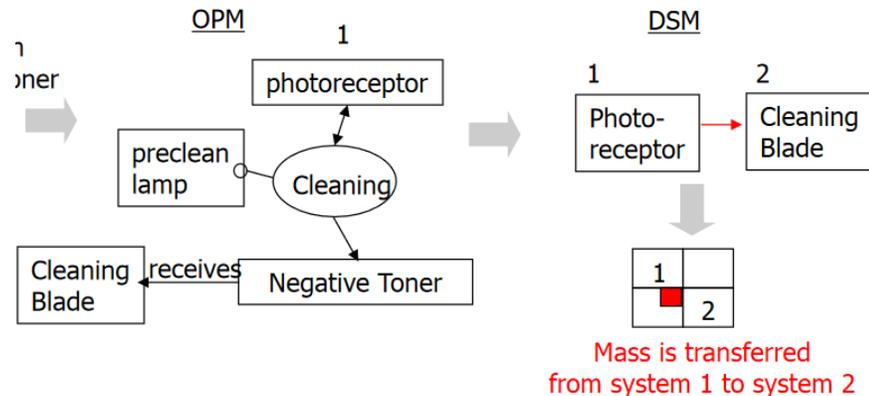
Physical Connection



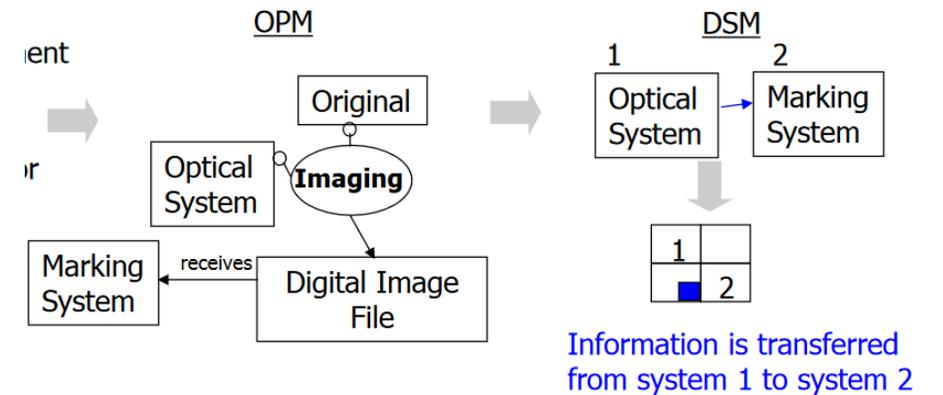
Energy Flow (electrical, thermal, RF, mechanical)



Mass Flow (fluids, gases, solids)



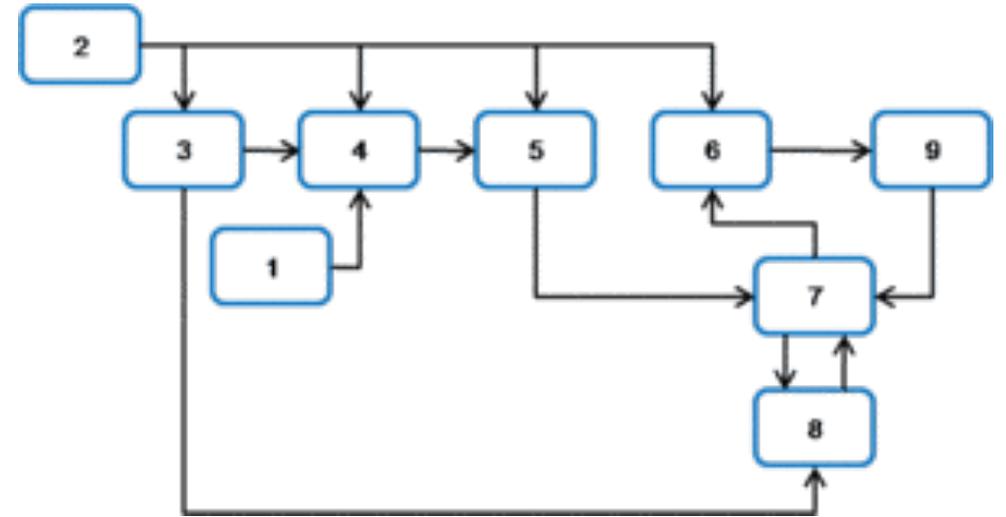
Information Flow (data)





MAS TAMBÉM LIDA COM TAREFAS

- Considere um conjunto de tarefas em um processo. Essas tarefas devem trabalhar juntas para cumprir o objetivo do processo geral.
- A troca de informações pode, portanto, ser representada como um dígrafo ou um DSM.





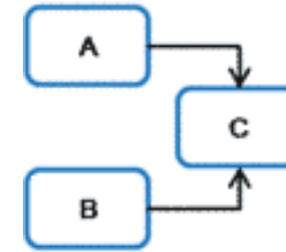
N2 são usados para definir uma Design Structure Matrix (DSM)

- A pesquisa sobre o gerenciamento de complexidade baseado em matriz percorreu um longo caminho. Originando-se de um foco de processo com a primeira formulação publicada de uma **Matriz de Estrutura de Design (DSM) por Don Steward em 1981**, toda uma comunidade se desenvolveu em torno desta pesquisa.
- DSMs podem ter qualidades diferentes:
 - DSMs binários representam apenas a existência de uma relação,
 - enquanto os DSMs numéricos representam um valor numérico (também chamado de "peso") para representar a força de uma relação.
 - Os DSMs podem ser direcionados ou não dirigidos.



Design Structure Matrix (DSM)

- Por exemplo, considere um sistema que é composto de três elementos (ou subsistemas): elemento "A", elemento "B" e elemento "C".
- Um grafo pode ser desenvolvido para representar este sistema pictorialmente.
- O grafo do sistema é construído permitindo que um vértice/nó no gráfico represente um elemento do sistema e uma aresta unindo dois nós para representar a relação entre dois elementos do sistema.
- A direcionalidade da influência de um elemento para outro é capturada por uma seta em vez de um simples link.



	A	B	C
A			X
B			X
C			

- A representação matricial de um dígrafo (ou seja, grafo dirigido) tem as seguintes propriedades:
 - é binário (ou seja, uma matriz preenchida com apenas zeros e uns)
 - é quadrado (ou seja, uma matriz com igual número de linhas e colunas)
 - tem n linhas e colunas (n é o número de nós do dígrafo)
 - tem k elementos diferentes de zero, onde (k é o número de arestas no dígrafo)



Blocos de construção do DSM

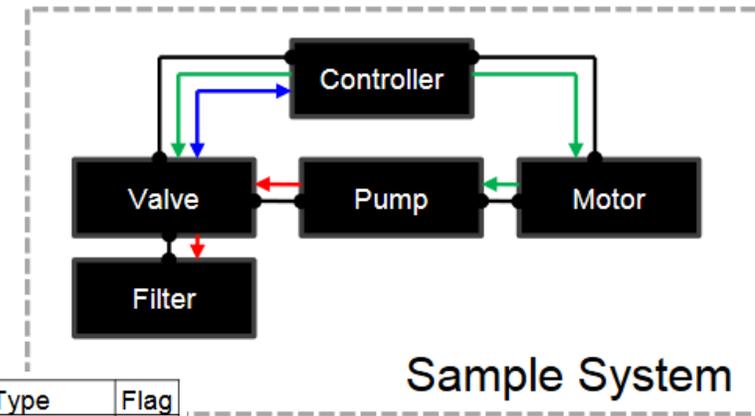
- Existem três blocos de construção básicos para descrever a relação entre os elementos do sistema: paralelo (ou simultâneo), sequencial (ou dependente) e acoplado (ou interdependente).

Configuration of Relationships	parallel	sequential	coupled
Graph and DSM representation	<p>The graph shows two separate boxes labeled 'A' and 'B'. The DSM is a 2x2 matrix with 'A' and 'B' on the diagonal and empty cells elsewhere.</p>	<p>The graph shows box 'A' with an arrow pointing to box 'B'. The DSM has a blue 'X' in the cell (A, B) and a blue square in the cell (B, B).</p>	<p>The graph shows boxes 'A' and 'B' with two arrows between them, one pointing up and one pointing down. The DSM has blue 'X's in the cells (A, B) and (B, A), and blue squares in the cells (A, A) and (B, B).</p>



DESIGN STRUCTURE MATRIX

- Definição de Arquitetura: A incorporação do conceito e a alocação da função física/informacional (processo) aos elementos da forma (objetos) e definição de interfaces estruturais entre os objetos
-
- DSM captura a conectividade entre componentes => arquitetura
- O DSM fornece capacidade de análise não presente em um esquema tradicional



Number	Type	Flag
0	No Connection	0
1	Mechanical	
2	Flow	3
3	Information	7
4	Energy	15

Key

	Controller	Pump	Valve	Filter	Motor
Controller					
Pump					
Valve					
Filter					
Motor					

DSM



Considerações finais



Considerações

- Engenharia de Sistemas não é uma disciplina complicada, mas exige o esforço do processo de reestruturação da forma de pensar.
- Os sistemas estão cada vez mais integrados e interdependentes, exigindo que técnicas holísticas de mapeamento de relações sejam adotadas.
- Perigos e atenções:
 - A Engenharia de Sistemas está se aproximando do desenvolvimento de produto e perdendo sua essência.
 - Esquecem que um sistema deve ter propósito e ele só emerge da interação com humanos (socio-technical systems)



Programa de Exercícios

- AI-01 – Resumo do Cap1 do HB do INCOSE.
 - AI-02 – Resumo sobre as representações clássicas.
 - AI-03 – Exercício de revisão sobre escrita de requisitos.
- Entreguem para um colega para revisar e depois me passem para dar o aceite final.*