

MARCEL JACQUES SIMONETTE

ENGENHARIA DE SISTEMAS EM SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
Mestre em Engenharia.

São Paulo
2010

MARCEL JACQUES SIMONETTE

ENGENHARIA DE SISTEMAS EM SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:
Sistemas Digitais

Orientador:
Prof. Dr. Edison Spina

São Paulo
2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Simonette, Marcel Jacques
Engenharia de sistemas em sistemas sociotécnicos / M.J.
Simonette. -- São Paulo, 2010.
115 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais.

1. Engenharia de requisitos 2. Ergonomia 3. Especificação de sistemas e programas 4. Engenharia de sistemas de computação I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais II. t.

DEDICATÓRIA

À minha amada esposa,
sem a qual... muito pouco.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Edison Spina pela orientação, apoio e, principalmente, paciência na realização deste trabalho.

A todos os colegas do KNOMA - Laboratório de Engenharia de Conhecimento do PCS que, direta ou indiretamente, colaboraram nesse trabalho.

A Comissão Europeia pelos projetos BELIEF, BELIEF II e VertebralCue por terem suportado parcialmente este trabalho.

Se você, assim como eu, vem passando grande parte de seu tempo em atividades de engenharia, operação, manutenção, marketing ou gestão, você pode não ter percebido a revolução dos sistemas. Provavelmente, nomes como Bertalanffy, Ackoff e Boulding não dizem nada para você.

(Derek K. Hitchins, 1992, tradução do autor)

RESUMO

Este trabalho apresenta os métodos consensuais como uma proposta para reduzir as insatisfações das pessoas envolvidas no processo de levantamento de requisitos e respeitar as dimensões humanas e sociais já no início do ciclo de vida de um sistema sociotécnico, considerando a aderência desses métodos às demais fases do ciclo de vida.

Palavras chaves: Engenharia de sistemas. Engenharia de requisitos. Levantamento de requisitos. Pensamento Sistêmico. e-Infraestrutura. Sistemas sociotécnicos. Fatores Humanos.

ABSTRACT

This text proposes the use of consensual methods to reduce people dissatisfaction in take part of requirement elicitation process and indentify, and respect, the human and social dimensions since the beginning of a sociotechnical system life cycle, evaluating the adhesion of these methods to the other phases of the lifecycle.

Keywords: System engineering. Requirement engineering. Requirement elicitation. System thinking. e-Infrastructure. Sociotechnical systems. Human factor.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cinco classes de sistemas que constituem um mapa dos sistemas do universo.....	19
Figura 2 - Diferença entre o pensamento sistêmico hard e soft.	22
Figura 3 – Modelo de Ciclo de Vida: Cascata	41
Figura 4 - Fases do ciclo de vida formando um processo em Vê.....	42
Figura 5 - Abrangência e nível de detalhe de normas de engenharia de sistemas. ...	44
Figura 6 - Espiral Evolucionária.....	59
Figura 7 - Estágios da Metodologia de Sistemas Soft de Checkland.	69
Figura 8 - Paradigma de Solução de Problemas em Geral	74
Figura 9 - Esboço do procedimento de diagnóstico.	78
Figura 10 - Modelo conceitual do método soft rigoroso, visão do processo.	79
Figura 11 - Diagrama de <i>Brainstorming</i>	86
Figura 12 - Relações entre instituições com interesses em cooperação acadêmica.	89
Figura 13 - Interação entre sistemas contenedores	97
Figura 14 - Interação entre sistemas contenedores, após proposta de tratamento...	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de sistemas por Kenneth Boulding (adaptada de Hitchins, 2008, p. 10; Bertalanffy, 1976, p. 28,29 e Boulding, 1956)	31
Tabela 2 - Fases do ciclo de vida após o estágio de desenvolvimento conceitual.	81
Tabela 3 - Tabela para seleção de método consensual de acordo com a contribuição para cada fase do ciclo de vida.	82
Tabela 4 - Instituições com interesse interesses em cooperação acadêmica.	88
Tabela 5 - Matriz TOWS.....	92
Tabela 6 - Contribuições para as fases do ciclo de vida.	101

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	American National Standards Institute
EIA	Electronic Industries Alliance
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
INCOSE	International Council on Systems Engineering
ISM	Interpretative Structural Modeling
ISO	International Standards Organization
RSM	Rigorous Soft Method
SSM	Soft Systems Methodology
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
TGN	Técnica de Grupo Nominal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVO	15
1.2	JUSTIFICATIVA	16
1.3	ESTRUTURA E SUMÁRIO DOS CAPÍTULOS	16
2	DEFINIÇÕES E CONCEITOS	18
2.1	VISÃO HISTÓRICA	22
2.2	SISTEMAS	27
2.2.1	Teoria Geral de Sistemas	29
2.2.2	Propriedades emergentes, hierarquia e complexidade	32
2.2.3	Lidando com a complexidade	34
2.2.4	Pensamento sistêmico	36
2.3	ENGENHARIA	37
2.4	ENGENHARIA DE SISTEMAS	37
2.4.1	Ciclo de vida	39
2.4.2	Normas e modelos de engenharia de sistemas	43
2.5	ENGENHARIA DE REQUISITOS	46
2.6	FATORES HUMANOS	50
2.7	SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS	52
2.8	e-INFRAESTRUTURA	54
3	e-INFRAESTRUTURA COMO SISTEMA SÓCIO-TÉCNICO	55
3.1	COMPLEXIDADE	55
3.2	REQUISITOS E ENGENHARIA DE SISTEMAS	57
4	LEVANTAMENTO DE REQUISITOS: MÉTODOS CONSENSUAIS	61
4.1	BRAINSTORMING	64

4.2	TÉCNICA DE GRUPO NOMINAL (TGN)	64
4.3	ESCRITA DE IDÉIAS	65
4.4	ANÁLISE E ESTRUTURAÇÃO DE MODELOS	66
4.5	METODOLOGIA DE SISTEMAS SOFT DE CHECKLAND	68
4.6	MÉTODO SOFT RIGOROSO SOFT DE HITCHINS	72
4.7	PERSPECTIVA PARA SELEÇÃO DE MÉTODOS CONCENSUAIS.....	80
4.7.1	Perspectivas.....	80
5	PROVA DE CONCEITO.....	83
5.1	A QUESTÃO E O SEU DOMÍNIO	83
5.1.1	Questão.....	83
5.1.2	Domínio.....	84
5.2	SINTOMAS E FATORES DA QUESTÃO	84
5.2.1	Um sistema sociotécnico	85
5.2.2	Centro de Informações	85
5.2.3	As relações.....	87
5.2.4	Oportunidades, Ameaças, Pontos Fortes e Pontos Fracos.....	89
5.3	SISTEMAS IMPLÍCITOS	94
5.4	SISTEMAS CONTENEDORES	95
5.5	INTERAÇÃO E DESEQUILÍBRIOS DOS SISTEMAS CONTENEDORES	96
5.6	TRATAMENTO PARA DESEQUILÍBRIO E AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA PROPOSTA NOS SISTEMAS.....	97
5.6.1	Impacto da Proposta	99
5.7	SOLUÇÃO POTENCIAL.....	99
5.7.1	Contribuição para fases seguintes do ciclo de vida.....	100
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
6.1	Cumprimento dos objetivos	103
6.2	Contribuições	103
6.3	Trabalhos futuros.....	103

REFERÊNCIAS.....	105
REFERÊNCIAS CONSULTADAS	112
GLOSSÁRIO.....	114

1 INTRODUÇÃO

A engenharia de sistemas, diferente de outras disciplinas de engenharia tradicionais, não segue um conjunto de fenômenos fundamentais baseados em propriedades físicas e suas relações. Seus métodos utilizam uma intersecção de conhecimentos diversificados que são necessários para criar, manter e evoluir um sistema como um todo; observando os recursos e as restrições existentes, e as interações desse sistema com o ambiente. Durante todo o ciclo de vida de um sistema, desde a sua concepção até o seu descarte, o homem é um dos principais atores envolvidos. Ele é o responsável pela concepção, construção e descarte do sistema. Ele é um usuário e consumidor desse sistema. Ele é afetado por esse mesmo sistema, quer de forma positiva, quer de forma negativa. Mesmo tendo o homem como um dos principais atores, diversos métodos de Engenharia de Sistemas não contemplam a dimensão humana em um sistema. A dimensão humana precisa ser considerada desde o início em qualquer atividade, como, por exemplo, o levantamento de requisitos do sistema, pois o custo de alterações cresce com o desenvolvimento do projeto e não pode esperar o entendimento futuro dessas características.

1.1 OBJETIVO

O objetivo mais amplo desse trabalho é comparar métodos consensuais que pertencem ao pensamento sistêmico soft para levantar requisitos de sistemas sociotécnicos considerando o ciclo de vida definido pela engenharia de sistemas. Secundariamente há outro, mais específico, de contribuir para o estabelecimento de um grupo de trabalho em Engenharia de Sistemas no Laboratório de Engenharia do Conhecimento com:

- Compilação da bibliografia sobre engenharia de sistemas, considerando as leis e princípios da teoria geral de sistemas e os métodos do pensamento sistêmico;
- Compreensão das necessidades de recursos da Unidade ALCUE que o grupo está montando, uma das demandas do projeto Vertebralcue.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho nasceu do descontentamento do autor com os resultados dos sistemas desenvolvidos pelas equipes nas quais atuou quer como engenheiro de requisitos, quer como desenvolvedor ou como líder técnico. Apesar de terem sido desenvolvidos diversos sistemas de sucesso, que atendiam o objetivo especificado, muitos deles apresentavam problemas devido a descontentamentos das pessoas envolvidas com o sistema em produção. Outros tantos fracassaram mesmo antes de serem colocados em produção, devido a diversos problemas de entendimento das necessidades das pessoas que causaram retrabalhos, adiando a entrega até o ponto em que essa falta de entendimento inviabilizava o projeto.

O autor se motivou a realizar esse trabalho pela constatação prática do impacto das falhas no levantamento de requisitos em todo o ciclo de vida de um sistema, e por acreditar que grande parte do descontentamento das pessoas com um sistema se deve a desenvolvimentos voltados à funcionalidade e usabilidade e não às suas interfaces humanas e sociais pela pouca reflexão sobre o ser humano nos sistemas.

1.3 ESTRUTURA E SUMÁRIO DOS CAPÍTULOS

Este capítulo, introdutório, delimita o assunto tratado, coloca o objetivo e justifica a pesquisa. O restante deste texto encontra-se organizado da seguinte forma:

- O capítulo 2 traz definições e conceitos utilizados neste trabalho, incluindo um breve histórico da teoria de sistemas e do pensamento sistêmico;
- O capítulo 3 apresenta e-infraestrutura como um sistema sócio-técnico, abordando sua complexidade e a engenharia de sistemas e a engenharia de requisitos frente a esse sistema;
- O capítulo 4 traz métodos consensuais para levantamento de requisitos e apresenta uma perspectiva desses métodos segundo a aderência deles às fases do ciclo de vida de um sistema;

- O capítulo 5 é uma prova de conceito, um método consensual é utilizado no levantamento de requisitos de um sistema de e-infraestrutura para a Unidade ALCUE do KNOMA do projeto Vertebralcue;
- O capítulo 6 traz as considerações finais e é seguido pelas referências e um glossário.

2 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Pode-se pensar a vida na Terra como uma complexa teia de interconexões entre os sistemas naturais e os sistemas criados pelo homem. Dos sistemas criados pelo homem, Checkland (1981, p.111) classifica três classes distintas:

- **Sistemas Físicos** (*Designed Physical Systems*): são os feitos pelo homem para algum propósito. O homem cria sistemas para atender suas necessidades e resolver problemas a milhares de anos. Os egípcios, por exemplo, possuíam um sistema para construir as grandes pirâmides em 20 anos, usando 4.000 homens (HITCHINS, 2008, p.6; KOSSIAKOFF; SWEET, 2003, p.6).
- **Sistemas Abstratos** (*Designed Abstract Systems*): são sistemas intangíveis como a matemática, os poemas e a filosofia, entre outros tantos que representam um produto da mente humana e que, graças a um projeto prévio, podem ser capturados em artefatos e sistemas físicos, como livros, filmes e gravações. Assim como os sistemas físicos, os sistemas abstratos são resultado de uma ação humana para um propósito.
- **Sistemas de Atividades Humanas** (*Human Activity Systems*): são menos tangíveis do que os demais sistemas. São os sistemas onde os componentes são atividades humanas. Checkland argumenta que o ato humano de projetar é por si só um exemplo desta classe de sistemas.

Alem dos sistemas naturais e dos três que o homem pode criar, Checkland comenta sobre uma quinta classe de sistemas, a dos sistemas que estão além da compreensão humana. Seguindo o trabalho de Boulding (1956), Checkland nomeia esta classe como sistemas transcendentais. É possível investigar, descrever e aprender com os sistemas naturais; criar e utilizar os sistemas físicos e abstratos e tentar tratar com métodos de engenharia o sistema de atividade humana. A figura 1, adaptada de Checkland (1981, pg.112), sumariza essas classes de sistemas:

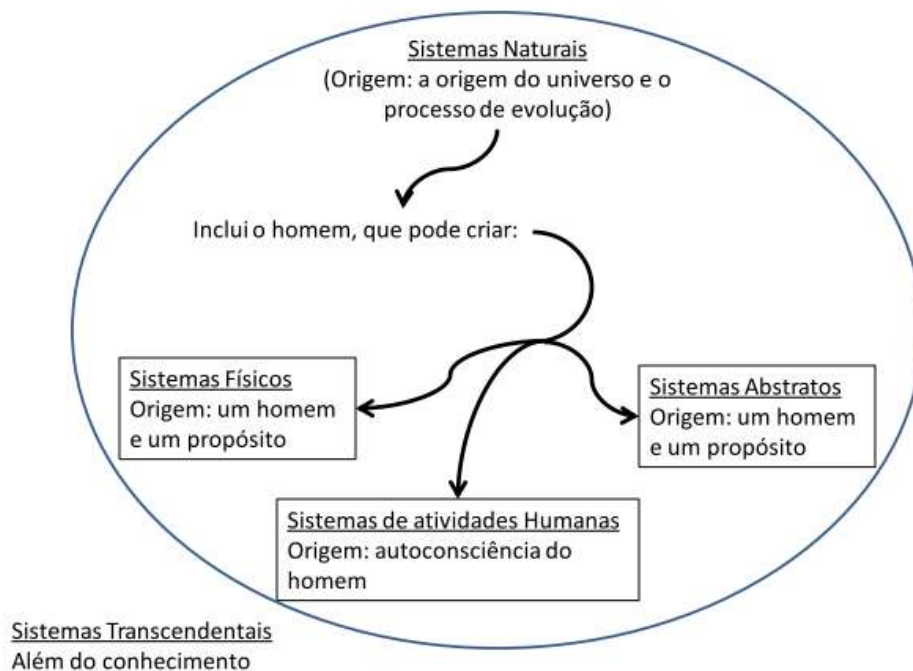


Figura 1 - Cinco classes de sistemas que constituem um mapa dos sistemas do universo.

Há uma busca por um controle das propriedades emergentes nos sistemas das três classes possíveis de serem criadas pelo homem. A Engenharia de Sistemas possui métodos para sintetizar sistemas que possuam as propriedades desejadas e eliminando ou diminuindo as não desejadas, guiando a engenharia no tratamento de sistemas complexos, onde os elementos são diversos e possuem intrincadas inter-relações (HITCHINS, 2008; KOSSIAKOFF; SWEET, 2003).

Os sistemas construídos pelo homem são vistos como triunfos da técnica e da tecnologia, trazendo para a humanidade produtos e processos nunca antes vistos. Muitos desses sistemas possuem interfaces humanas e sociais que demandam uma série de condições que a engenharia reconhece, tratando os fatores humanos envolvidos (CHAMPANIS, 1996; NEMETH, 2004; SADOM, 2004).

Essas abordagens realizaram, e continuam realizando, projetos de sucesso. Mas, mesmo considerando os fatores humanos, a engenharia tende a negligenciar as diferenças entre os componentes humanos, sociais e técnicos. Isso dado às características reducionistas dos processos de engenharia, que acabam por tratar os componentes humanos e sociais indiscriminadamente, considerando como constante, ou ignorando, os valores humanos e sociais em muitos dos problemas tratados.

Segundo Jordan (2002), ao se realizar uma especificação que tenha como base a usabilidade – abordagem tradicional de fatores humanos – há a tendência de se ver os usuários meramente como componentes cognitivos e ergonômicos de um sistema composto de usuário, produto e ambiente de uso. Encorajando uma visão limitada de pessoas que interagem com o sistema, o que desumaniza essa interação. As pessoas possuem personalidades, esperanças, medos, sonhos e aspirações, que afetam a forma como elas interagem com o sistema e que demandam uma liberdade de ações relacionada às intenções de uso do sistema. (JORDAN, 2002; OTTENS; STUBKJAER, 2008)

Ackoff (1974) argumenta que na década de 40 do século XX, teve início a Era dos Sistemas. Uma Era preocupada com os sistemas que permitam escolha tanto de significados como de propósitos, sendo a humanização um dos problemas centrais. Ackoff também argumenta que nesta Era o princípio central do pensamento sistêmico é a síntese. (Ackoff, 1974, 1981, 1997).

A aplicação de métodos do pensamento sistêmico e das leis e princípios da teoria de sistemas no projeto de um sistema podem fornecer ao engenheiro de sistemas uma valiosa lente pela qual ele pode ver o sistema, o ambiente em torno desse sistema, e o contexto no qual ele será utilizado. (ADAMS; MUN, 2005). Hitchins (2008) argumenta que é a síntese, em oposição ao reducionismo cartesiano, o caminho a ser utilizado pela engenharia de sistemas para o tratamento das questões que envolvem projetos de sistemas.

O pensamento sistêmico aborda problemas complexos e Ackoff (1981, p. 171) expõe que há 3 formas de se tratar um problema, ele pode ser Resolvido, Solucionado ou Dissolvido:

- 1 Problema **Resolvido**: resolver um problema é encontrar uma resposta que seja “boa o suficiente”, uma que o satisfaça. É uma abordagem mais qualitativa do que quantitativa, baseada em experiências anteriores, bom senso e julgamento subjetivo.
- 2 Problema **Solucionado**: solucionar um problema é encontrar a resposta correta, da mesma forma como se soluciona uma equação. Utiliza métodos científicos, técnicas e ferramentas, como modelos matemáticos e simulações.
- 3 Problema **Dissolvido**: dissolver um problema é mudar a situação de alguma forma que o problema desapareça. É idealizar, ao invés de satisfazer ou aperfeiçoar. Alterar o sistema ou o ambiente onde ocorre o problema, para

que se alcance um estado desejado onde o problema não ocorra. Na prática pode significar não tratar o cenário como ele é apresentado.

Hitchins (2008) sugere haver duas escolas de engenharia de sistemas para tratar um problema:

- **Escola de Sistemas Hard**¹: para criar um novo sistema que pode ser introduzido em uma situação problemática para **solucionar**² o problema;
- **Escola de Sistemas Soft**³: para olhar os sintomas do problema e tentar reparar, diminuir ou contorná-lo, visando suprimir os sintomas para **resolver**⁴ o problema.

A primeira escola é caracterizada pela visão hard da solução. A solução possui um propósito claro e será desenvolvida, entregue, colocada a funcionar, suportada e eventualmente substituída no fim de seu ciclo de vida. Enquanto reconhece a importância de interações e processos, essa escola enfatiza os aspectos funcionais, estruturais e arquitetônicos das soluções. A segunda escola investiga o problema a ser tratado, buscando experiências práticas e interações com o problema, buscando entender a natureza dos sintomas e propor soluções para melhorar a situação. (Hitchins, 2008).

Checkland (1990) destaca que na literatura se encontram afirmações de que a abordagem hard é apropriada para problemas técnicos bem definidos e que a abordagem soft é apropriada para situações de definição pouco claras, envolvendo aspectos humanos e culturais. Ele argumenta que essas definições não caracterizam corretamente as diferenças entre a abordagem hard e a abordagem soft. Sendo que o correto é considerar como a palavra sistema é utilizada, o que está relacionado a uma percepção que se tem do sistema. A figura 2, adaptada de Checkland (1990, p. A11), é um diagrama onde Checkland esclarece essa diferença de atribuição.

¹ O autor preferiu manter o termo em inglês ao invés de utilizar a tradução: Escola de Sistemas Duros, dada a semântica que o termo hard possui em inglês.

² Grifo do autor.

³ O autor preferiu manter o termo em inglês ao invés de utilizar a tradução: Escola de Sistemas Flexíveis, dada a semântica que o termo soft possui em inglês.

⁴ Grifo do autor.

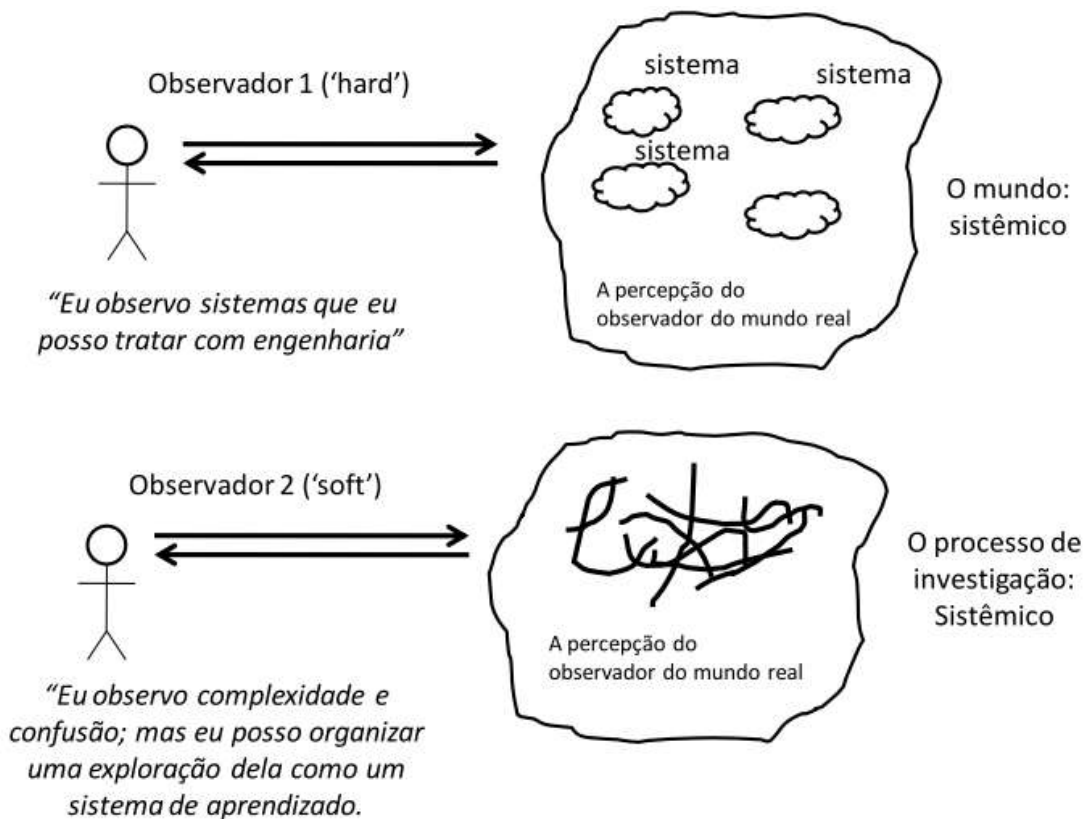


Figura 2 - Diferença entre o pensamento sistêmico hard e soft.

O pensamento sistêmico hard pode ser aplicado aos sistemas hard (sistemas naturais, sistemas abstratos e sistemas físicos), mas não consegue sucesso quando aplicado a sistemas de atividades humanas, os sistemas soft, dada a complexidade de se identificar com precisão o objetivo de um sistema soft.

2.1 VISÃO HISTÓRICA

O avanço que o homem vem conseguindo na construção de ferramentas, métodos e artefatos vêm promovendo uma revolução cada vez mais rápida, passando pela Idade da Pedra, Idade do Bronze, Idade do Ferro e, segundo Ackoff (1974, 1981, 1997), a Idade das Máquinas e a Idade dos Sistemas.

A Idade das Máquinas é marcada pela Revolução Industrial, com a substituição do homem por máquinas construídas pelo homem, como força de trabalho (ACKOFF, 1974). Durante essa Idade, os artefatos construídos pelo homem possuíam um número restrito de variáveis, os problemas podiam ser reduzidos a dimensões

quantitativas, levando o homem a pensar que tinha total entendimento do dispositivo criado (HUGHES, 2005).

A Revolução Industrial é precedida pelo Renascimento, quando a crença no homem e em seu potencial começa a se sobrepor às crenças da Idade Média. Pensadores renascentistas como Giordano Bruno, Francis Bacon, René Descartes e Issac Newton resgatam o conceito de átomo do filósofo grego Demócrito. Tudo é feito de partes indivisíveis.

No Renascimento se acreditava que era possível ter-se todo o entendimento do funcionamento do mundo (ACKOFF, 1981) e a Revolução Industrial, que emerge do Renascimento, deve muito a um dos principais pensadores do Renascimento: René Descartes. Zandi (2000) argumenta que foi Descartes que forneceu o ferramental necessário ao entendimento do mundo, quando elaborou suas regras para busca pelo verdadeiro método para se alcançar o conhecimento de todas as coisas. O conceito que Descartes expôs foi de se dividir o problema ou dificuldade encontrada em partes menores, e, assim, serem mais facilmente entendidas. Se for possível entender e explicar as partes menores, então o todo poderá ser explicado juntando-se novamente as partes. Essa idéia e prática, chamada Reduccionismo, está presente em nossas vidas até os dias de hoje. Sempre que listamos, priorizamos, desmontamos, desagregamos e decompomos estamos prestando uma homenagem a René Descartes e seu Reduccionismo Cartesiano (HITCHINS, 2008). Esse método de análise permitiu ter-se um instrumento pelo qual a ciência pôde procurar o entendimento do mundo procurando por seus elementos menores, suas partes indivisíveis (SYDENHAM, 2003; ZANDI, 2000).

Seguindo a visão reducionista, todas as áreas da ciência procuraram pelo seu elemento indivisível. Explicações sobre o comportamento e propriedades do todo⁵ foram obtidas através de explicações sobre o comportamento e propriedades das partes desse todo. Quando o todo a ser explicado não podia se dividir em partes independentes, a relação entre as partes tinha que ser entendida, para que se entendesse o todo. Acreditava-se que toda a interação entre objetos, eventos e suas propriedades podiam ser reduzidas a uma única e simples relação fundamental: relação de causa e efeito. Tudo devia ser considerado como efeito de alguma causa,

⁵ O autor utiliza neste texto o substantivo todo para traduzir do inglês o termo whole. Todo significando o conjunto completo.

caso contrário ele não poderia ser entendido. Um efeito não ocorre a menos que sua causa tenha ocorrido, e o efeito deve existir se a sua causa existiu. Essa doutrina é chamada Determinismo (Ackoff, 1974, 1997). Zandi (2000) cita a novela utópica Nova Atlântida⁶ de Francis Bacon, para mostrar o mundo ocidental pensando a natureza em termos de entendimento e controle, levando gerações de pensadores a um conhecimento das causas.

O reducionismo e o determinismo permitiram acreditar que todas as coisas e todos os eventos podiam ser reduzidos a partículas de matéria e seu movimento. Isso tanto para coisas que possuíam movimento como para os que não possuíam, não havia diferenças essenciais. Assim as ciências físicas eram tidas como o suficiente para explicar a vida. Sendo essa visão do mundo chamada de mecanicista. Uma visão que levava a não ter-se a necessidade de conceitos teológicos para explicar fenômenos naturais e que em seu limite traz o conceito do universo como uma máquina. Nesse ponto, Descartes depende de seu Relojoeiro para fazer sua máquina biológica, visto que as máquinas não se auto-criavam na natureza (ACKOFF, 1974, 1997; HITCHINS, 2008; HUGHES, 2005).

Ackoff (1997) argumenta que a questão do universo visto como um relógio, cujo comportamento era completamente determinado por sua própria estrutura e leis causais que se aplicavam a ele, trouxe uma grande questão de que um Deus era necessário. Nesse sentido, tem-se a visão de que o mundo foi concebido por Deus como uma máquina para servir a Seus propósitos, uma máquina para fazer o Seu trabalho. Assim, nada mais natural para o homem do que tentar produzir máquinas para servir a seus propósitos, realizar o seu trabalho.

No início do século vinte, alguns cientistas começaram a notar que nem tudo era respondido pela abordagem reducionista e pelo determinismo. Em 1927, Werner Heisenberg desenvolveu o Princípio da Incerteza, que abalou a estrutura do determinismo e, conseqüentemente, a Idade das Máquinas (ZANDI, 2000). A crença de que era possível ter um entendimento de todo o mundo se abalou. Algumas coisas pareciam funcionar como um todo, certamente elas podiam ser divididas em partes menores, mas essas partes não explicavam o funcionamento do todo. As propriedades essenciais das coisas não podiam ser inferidas pelo

⁶ *The New Atlantis* de Francis Bacon foi publicado pela primeira vez em 1627, um ano após a morte a sua morte. Acredita-se que ele tenha escrito este livro em 1623. O livro é de domínio publico e pode ser encontrado no sítio do projeto Gutenberg:
< http://www.gutenberg.org/catalog/world/readfile?fk_files=919104 >

conhecimento das propriedades das partes, ou das interações entre as partes, por exemplo: a personalidade ou a inteligência de um ser humano (ACKOFF, 1981). Entende-se que há coisas que podem ser divididas em partes, mas que perdem suas funções e suas propriedades essenciais ao se fazer isso, Zandi (2000) informa que Ludwig Von Bertalanffy chama essas “coisas” de sistemas.

Bertalanffy (1969) argumenta que o problema com sistemas é essencialmente um problema de limitação do reducionismo e determinismo utilizados pela ciência, e que essa limitação costuma ser expressa por uma colocação quase metafísica, como evolução emergente ou “*o todo é maior que a soma das partes*”.

O todo ser maior que a soma das partes significa que a interação das partes dá ao sistema propriedades únicas. Essas propriedades, chamadas de propriedades emergentes, se referem a propriedades do sistema como um todo, que não são atribuídas exclusivamente a uma das partes. Por exemplo, o odor da amônia quando dois gases inodoros e incolores - nitrogênio e hidrogênio - são combinados. São propriedades que se originam da interação entre as partes.

Todo progresso da ciência durante a Idade das Máquinas mostra que a visão mecanicista é de grande sucesso em inúmeras aplicações. Bertalanffy (1969) argumenta que esse sucesso depende de duas condições: A primeira é que a interação entre as partes não exista ou possa ser fraca o suficiente para ser negligenciada para certos propósitos. Apenas sob essa condição, as partes podem estudadas verdadeiramente, tanto logicamente como matematicamente, e então serem colocadas juntas. A segunda condição é que as relações que descrevem os comportamentos das partes sejam lineares. Apenas se essas relações forem lineares é que há a condição aditiva, isto é, a equação que descreve o comportamento do todo é da mesma forma que as equações que descrevem o comportamento de cada uma das partes. Essas condições não estão presentes no que Bertalanffy chama de sistema, que é constituído por partes em interação e pode ser descrito por um conjunto de equações diferenciais, em geral, não são lineares.

Ackoff (1974, 1981, 1997) argumenta que a percepção do fato de que sistema é um todo que não pode ser entendido pelo reducionismo é a principal fonte da revolução intelectual que leva a mudança de Idades. A passagem da Idade das Máquinas para outra, a Idade dos Sistemas. Torna-se visível que é necessário outro método, que não a análise reducionista, para o entendimento do comportamento e propriedades dos sistemas. A Síntese, ou agrupamento de coisas, é a chave para o pensamento

da Idade dos Sistemas, assim como a análise reducionista é chave para o pensamento na Idade das Máquinas. Ackoff prossegue argumentando que a síntese deve ser utilizada em conjunto com a análise reducionista, não substituí-la.

A Idade dos Sistemas trouxe o expansionismo, mais interessado em ver as coisas em conjunto do que separá-las, entender as coisas como partes de um todo que elas compõem. O expansionismo vem com o modo de pensar sintético, ao passo que o reducionismo segue o modo de pensar analítico.

A abordagem sistêmica, ou pensamento sistêmico, é o uso do modo de pensar sintético nos problemas envolvendo sistemas, ele traz um conjunto de métodos para serem utilizados para entender as relações, a simultaneidade, o transiente e as mudanças dessas mesmas relações, buscando o tratamento de problemas para os quais apenas o uso do pensamento analítico não traz respostas satisfatórias. Charles François, editor da *International Encyclopedia of Cybernetics and Systemics*, em matéria para o Seminário Primer⁷ da Sociedade Internacional para Ciências em Sistemas (ISSS - *International Society for the Systems Sciences*), coloca como exemplos desses problemas a clínica na medicina, as mudanças econômicas no mundo, a saúde mental individual e coletiva e os problemas ecológicos provocados pelo homem.

Pouco antes da Segunda Guerra Mundial, o homem da Idade das Máquinas e as máquinas por ele criadas, estavam organizados num processo apoteótico de produção em massa e linha de montagem. A mecanização, a substituição do homem pela máquina como fonte de trabalho físico, afetou a natureza e as tarefas deixadas pelos criadores das máquinas para o homem desempenhar. Ao homem restaram as tarefas simples e repetitivas, partes pequenas do processo de produção e quanto mais máquina eram usadas para substituir o homem, mas ele se comportava como máquina. Fato representado por Charles Chaplin em seu filme *Tempos Modernos* de 1936.

A mecanização levou a desumanização do trabalho humano. Ackoff (1997) argumenta que esta é a grande ironia da Revolução Industrial.

Durante a Segunda Guerra Mundial, as Forças Armadas Americanas recrutaram inúmeros cientistas e engenheiros para tratar os problemas relacionados com os esforços de guerra. Problemas logísticos, que possuíam uma elevada complexidade

⁷ < <http://www.issss.org/primer/francois.htm> >. Acesso em 27 jun. 2009

dada às distâncias das tropas e as diversas frentes de batalhas; problemas de comunicação entre as tropas, dada a necessidade de codificações das mensagens e distância; e, entre outros problemas complexos, os bombardeios estratégicos. Adams e Mun (2005) argumentam que muito dos esforços feitos para tratar esses problemas trouxeram uma contribuição significativa tanto para a filosofia como a para as técnicas do que foi chamado de Pesquisa Operacional. Engstrom (1957) informa que a experiência vivida pelos engenheiros e cientistas durante a Segunda Guerra Mundial trouxe um grande ímpeto a aplicação do pensamento sistêmico. Engstrom prossegue comentando que a prática, durante as circunstâncias e pressões da guerra, era pensar além dos componentes individuais e seus usos, considerando o ambiente onde esses componentes iriam operar. Era necessário olhar o objetivo final: o sistema.

2.2 SISTEMAS

A nossa sociedade interage com sistemas diariamente. Há Sistemas de Tratamento de Água, Sistemas de Transporte, Sistemas de Informação, Sistemas Políticos, Sociais, Financeiros e tantos outros. Os sistemas podem ser reais, tangíveis, ou podem ser conceitos. No senso comum, um sistema é uma combinação de partes para se alcançar um objetivo. Apesar do senso comum não destacar, a combinação de partes (componentes) de um sistema e as interações desses componentes são complexas.

A palavra sistema possui uma natureza subjetiva. Utiliza-se a palavra sistema para se referir a formas de organização, ela não se refere a um objeto que existe no mundo real. Tais formas de organização estão associadas a como o homem as reconhecem. E. Von Glaserfel apud Skytter (2005) argumenta que a visão construtivista da realidade determina que um sistema não exista no mundo real independentemente da mente humana.

Um sistema é sempre uma abstração escolhida com ênfase quer em seus aspectos estruturais, quer em seus aspectos funcionais (Skytter, 2005). Apenas a análise das partes que compõem um sistema não permite o total entendimento dele. As interações entre essas partes e o propósito ou significado da composição das partes

podem ser entendidos apenas quando se considera o conjunto todo. Separando-as, o sistema perde sua função. Bertalanffy apud Zandi (2000) aponta essa característica como uma das características essenciais de um sistema. A interação entre os componentes de um sistema deve ser entendida, da mesma forma que se busca entender os seus componentes.

Ackoff (1981, p.15) define sistema de uma forma que Skytter (2005) comenta ser mais científica. Ackoff argumenta que um sistema é um conjunto de dois ou mais elementos que satisfazem três condições:

1. *O comportamento de cada elemento tem um efeito no comportamento do sistema como um todo.* Como exemplo, Ackoff sugere que se considere o corpo humano. Cada uma de suas partes – coração, pulmões, estômago, etc - possui um efeito no desempenho do corpo como um todo. Contudo há uma parte que não possui efeito sobre o corpo humano, o apêndice. Que o próprio nome significa “anexo” e não “parte de”.
2. *O comportamento dos elementos e seus efeitos sobre o todo são interdependentes.* Esta condição implica que a forma com que cada elemento se comporta e como esse comportamento afeta o todo, depende de como pelo menos outro elemento se comporta. Nenhum elemento possui um efeito independente no sistema como um todo. Por exemplo, no corpo humano a forma como o coração se comporta e a forma como ele afeta o corpo como um todo depende do comportamento do cérebro, pulmões e outras partes do corpo. O mesmo é verdade para o cérebro e pulmões.
3. *Subgrupos de elementos são formados, cada um possui um efeito sobre o comportamento do todo e nenhum possui um efeito independente sobre o todo.* Visto de outra forma, os elementos de um sistema estão tão conectados que subgrupos independentes não podem ser formados.

Ackoff prossegue colocando que do fato de um sistema ser um todo que não pode ser dividido em partes independentes segue duas importantes propriedades:

- Todas as partes de um sistema possuem propriedades que deixam de existir quando elas são separadas do sistema;
- Todo sistema possui propriedades que nenhuma das partes possui isoladamente, as propriedades essenciais.

Hitchins (2008) também argumenta sobre as propriedades essenciais, chamando-as de propriedades emergentes. Ackoff (1981) e Hitchins (2008) afirmam que devido às

propriedades emergentes (essenciais) um sistema não pode ser entendido como um todo se utilizando apenas da análise, do Reduccionismo Cartesiano.

Skyttner (2005) também comenta a definição dada por Hitchens (1992), considerando-a pragmática e científica. Hitchens (1992) define sistema procurando ser o suficientemente vago para capturar todos os tipos de sistemas e o suficientemente explícito para ser útil:

Um sistema é um conjunto de entidades inter-relacionadas de tal forma que ambos, as entidades e os seus inter-relacionamentos reduzem a entropia local. (HITCHINS, 1992, p. 56, tradução do autor).

Nessa definição, Hitchens afirma que as relações recebem o mesmo grau de importância do que as entidades. A noção de entropia local é incluída apenas para sugerir que o sistema pode ter limites além dos quais sua influência não reduz a desordem.

2.2.1 Teoria Geral de Sistemas

Klir (2001) argumenta que idéias como holismo, ciência como sendo interdisciplinar e o reconhecimento crescente da existência e utilidade de isomorfismos entre disciplinas, criou uma consciência crescente de que certos conceitos, idéias, princípios e métodos eram aplicáveis a sistemas em geral, apesar da categorização disciplinar que eles possuíam. Isso levou a noção de sistemas gerais, teoria geral dos sistemas, pesquisa em sistemas gerais e semelhantes. Klir prossegue afirmando que aparentemente não há dúvidas de que o termo Teoria Geral dos Sistemas é devido a Ludwig Von Bertalanffy, que já o utilizava em palestras nos anos 30, mas sua presença em livro se deu apenas após a Segunda Guerra. Bertalanffy (1976) escreveu:

“Não apenas os aspectos gerais e pontos de vista são parecidos em diferentes ciências; freqüentemente encontramos leis formalmente idênticas ou isomórficas em diferentes campos. [...] Parece existir leis gerais de sistemas que se aplicam para qualquer sistema de certo tipo, independente das propriedades particulares do sistema e dos elementos envolvidos. Essa consideração leva a se postular uma nova disciplina científica que nos chamamos de Teoria Geral dos Sistemas. Seu objetivo é a formulação de

princípios que são válidos para 'sistemas' em geral, qualquer que seja a natureza de seus componentes e a relação ou 'forças' ente eles" (BERTALANFFY, 1976, p. 37, publicado pela primeira vez em 1969. Tradução do autor).

Alem de ser o idealizador do termo, Ludwig Von Bertalanffy, um biólogo, também teve presença predominante no movimento para a promoção dessa teoria. Em dezembro de 1954 fundou juntamente com Kenneth Boulding (economista), Ralph Gerard (fisiologista) e Anatol Rapoport (bio-matemático) a Sociedade para Pesquisa em Sistemas Gerais, que possuía quatro objetivos fundamentais (ADAMS, MUN, 2005; CHECKLAND, 1981; HITCHINS, 2008; KLIN, 2001):

- 1 Investigar o isomorfismo de conceitos, leis e modelos de várias áreas e auxiliar em transferências uteis de uma área para outra;
- 2 Encorajar o desenvolvimento de modelos teóricos adequados em áreas que tivessem carência deles;
- 3 Minimizar a duplicação de esforços teóricos em diferentes áreas;
- 4 Promover a unidade da ciência através da melhoria da comunicação entre os especialistas.

Adams, Mun (2005) argumentam que o interesse em uma ciência universal procurou juntar diversas disciplinas com uma *lei das leis* aplicável a todas elas, fato que levou a gênese da Teoria Geral dos Sistemas.

Hitchins (2008) informa que coube a Kenneth Boulding uma das tarefas mais difíceis desse grupo: Realizar uma classificação coerente dos sistemas. A tabela 1 apresenta essa classificação, onde:

- Os três primeiros níveis são relacionados à física, astronomia e as ciências duras. Nesses níveis um sistema é considerado como fechado, Hitchins afirma que esses sistemas não possuem um contato significativo com o ambiente e não se adaptam ao ambiente, segundo Skyttner, 2005, o contato com o ambiente só ocorre para o recebimento de energia.
- Os próximos três níveis são os relacionados à biologia, botânica e zoologia, considerados sistemas abertos, isto é, sistemas que estão em contato com um ambiente com o qual trocam matéria, energia e informação, sendo capaz de se adaptar ao ambiente e manter um estado estável (SKYTTNER, 2005; HITCHINS, 2008).

- Os níveis seguintes, de sete a nove, também são sistemas abertos, o homem e os sistemas sociais, as artes, humanidades e religião.

Nível	Características	Exemplo
Estruturas Estáticas	Estático	Pontes, moléculas, cristais, estruturas biológicas desde o nível microscópico até o macroscópico.
Trabalho como relógio	Movimentos pré-determinados	Máquinas convencionais em geral, sistema solar
Mecanismos de Controle	Controle em malha fechada	Termostato, servo-mecanismo, mecanismo homeostático em organismos
Abertos	Auto-manutenção	Células biológicas e organismos em geral.
Organismos Inferiores	Crescimento, reprodução	Plantas
Animais	Cérebro, aprendizado	Pássaros
Homem	Conhecimento, simbolismo	Humanos
Social	Comunicação, valores	Família
Transcendental	Desconhecido	Deus

Tabela 1 - Classificação de sistemas por Kenneth Boulding (adaptada de Hitchins, 2008, p. 10; Bertalanffy, 1976, p. 28,29 e Boulding, 1956)

Com o passar dos anos, a Sociedade para Pesquisa em Sistemas Gerais se tornou uma organização que deu suporte ao movimento sistêmico, em 1988 o nome da sociedade foi alterado para Sociedade Internacional para as Ciências em Sistemas (ISSS - *International Society for the Systems Sciences*).

Skyttner (2005) argumenta que como uma ciência básica, a Teoria Geral de Sistemas (Teoria de Sistemas), lida, em um nível abstrato, com as propriedades gerais dos sistemas, independente de formas físicas ou domínios de aplicação. A Teoria de Sistemas proporciona uma forma de se abstrair a realidade, simplificando

e ao mesmo tempo capturando a multidimensionalidade. Como uma epistemologia, ela estrutura não apenas o pensamento sobre a realidade, mas também o pensamento sobre o próprio pensamento. Como uma ciência aplicada, a Teoria de Sistemas se tornou uma Ciência de Sistemas, uma metadisciplina com um conteúdo capaz de se transferir de disciplina para disciplina. Ela trata de conhecimento a respeito de conhecimento e tenta adicionar e integrar aqueles aspectos que não pareciam adequadamente tratados pela ciência de antes, a ciência da Idade das Máquinas.

2.2.2 Propriedades emergentes, hierarquia e complexidade

Aristóteles argumentava que o todo era maior que a soma das partes. Checkland (1981) comenta que esse argumento de Aristóteles foi considerado como uma doutrina desnecessária com a Revolução Científica do século XVII. A física Newtoniana fornecia uma visão mecânica do universo que sobreviveu a testes severos, e a visão teleológica de Aristóteles, na qual os objetos no mundo seguiam sua natureza interna ou propósito parecia uma especulação metafísica desnecessária. Contudo a biologia moderna recolocou o propósito como um conceito respeitável, e colocou a existência de certos níveis de complexidade, com propriedades que emergem em um nível, que não podem ser reduzidas a níveis menores, formando uma hierarquia. As propriedades emergentes são uma ilustração de um paradigma alternativo para sistemas, um paradigma que está relacionado com o todo e suas propriedades. Ele é holístico, mas não no sentido usual de se referir ao todo; é um conceito de sistemas que está relacionado com o todo e sua hierarquia, não apenas com o todo.

O conceito de uma complexidade organizada, onde existe uma hierarquia de níveis de organização, é importante quando se trata um sistema. Hierarquia neste caso possui um significado diferente do usual, que se refere a estruturas administrativas ou militares. Em um sistema, quando ocorre interação entre seus componentes, de tal forma que se tenha um todo com propriedades emergentes, um nível de hierarquia é estabelecido. Em um sistema que possui outros sistemas complementares (subsistemas), quando esses subsistemas começam a interagir

formando um todo coerente com propriedades emergentes, então um novo nível de hierarquia é estabelecido. Esse novo todo coerente interage com outro complementar, e surgem novas propriedades emergentes, então um novo nível mais “elevado” de hierarquia é identificado, mais complexo que o anterior, caracterizado por propriedades emergentes que não existiam no nível anterior, onde elas nem possuem significado. (CHECKLAND, 1981; HITCHINS, 2008).

Hitchins (2008) argumenta que o conceito de hierarquia é consistente tanto na natureza como nas atividades humanas. Subsistemas do corpo humano, como o sistema nervoso, sistema pulmonar, sistema cardíaco, etc., interagem para formar o humano, com propriedades emergentes. Vários humanos podem se juntar para formar um time ou uma família, que pode ter propriedades emergentes: um time ou família é diferente de um grupo de pessoas, porque os humanos em um time ou família interagem uns com os outros, formando um todo que é capaz de realizações maiores que a soma dos indivíduos separados. Vários times podem se juntar para sintetizar um departamento, com propriedades emergentes, e assim por diante. Hitchins prossegue afirmando que o conceito também é válido para sistemas feitos pelo homem: as partes complementares de um sistema de radar, como o subsistema de transmissão, subsistema de recepção, subsistema de antena, subsistema de potência, subsistema de intra-comunicação, um subsistema de controle e operação e um operador ou usuário. Individualmente e separadamente, nenhum desses subsistemas pode detectar, localizar ou rastrear um alvo à distância. Colocados juntos, de forma apropriada, o sistema de radar como um todo possui as propriedades emergentes de detecção, localização e rastreamento. Considerando o sistema de radar como um todo, i.e., um nível de hierarquia mais alto, é possível estabelecer quais as propriedades emergentes que o sistema de radar deve ter. Por exemplo, se o sistema de radar for parte de um conjunto de radares que formam uma rede para detectar aviões que passem alguma fronteira, então há o risco de um transmissor interferir no receptor de outro sistema de radar, isso pode significar a necessidade de restrições na potência de transmissão, ou o uso de outro espectro de transmissão ou gestão de toda a frequência da rede de radares, por exemplo. Apenas quando se olhar o próximo nível de hierarquia é possível determinar o que pode ser as propriedades emergentes e quais serão seus impactos no ambiente do novo todo formado.

Sommerville (2007) argumenta que há dois tipos básicos de propriedades emergentes em um sistema:

- *Propriedades Emergentes Funcionais* - emerge quando todas as componentes de um sistema trabalham juntos para alcançar um objetivo, como no caso do sistema de radar comentado anteriormente.
- *Propriedades Emergentes Não-Funcionais* - relacionadas ao comportamento do sistema no seu ambiente de operação. Exemplos dessas propriedades são: confiabilidade, desempenho e segurança. Para sistemas baseados em computador essas propriedades são críticas, pois uma falha em se alcançar algum nível mínimo definido para essas propriedades pode trazer grande dificuldade no uso do sistema, por exemplo: um sistema que não é confiável ou é muito lento pode ser rejeitado por todos os usuários.

A hierarquia é dada pela diferença da complexidade entre um nível e outro, mas não uma diferença discreta de um nível para outro, o que separa esses níveis? O que une esses níveis? A teoria de hierarquia é construída sobre a verificação empírica de que há propriedades emergentes associadas a um conjunto de componentes que se inter-relacionam. Checkland (1981) argumenta que a classificação dos sistemas proposta por Boulding (Tabela 1), onde os níveis estão relacionados a uma hierarquia de complexidade é convincente, intuitivamente se reconhece que as propriedades emergentes sinalizam um novo nível; não há questionamentos que a ordem com que foi montada a tabela está errada. Apesar de julgar a unanimidade problemática, Checkland afirma que não há nenhuma definição de escala de complexidade que seja convincente.

2.2.3 Lidando com a complexidade

Problemas surgem em muitas formas. Como comentado anteriormente, alguns deles possuem uma solução; uma resposta correta, matemática ou científica. Outros são complexos, difíceis de serem compreendidos e analisados; sua resolução muitas vezes é apenas uma resposta “boa o suficiente”, baseada em experiências

anteriores, bom senso e julgamento subjetivo, outras vezes é possível apenas mudar a situação de alguma forma para que o problema desapareça.

Tratar os problemas que o homem enfrenta faz parte da natureza humana. O homem já enfrentou inúmeros problemas em sua história, especialmente após a revolução científica do século XVII priorizando e endereçando, o que ele pensa ser, o mais importante primeiro. Infelizmente essa abordagem falha às vezes, especialmente quando se tem que tratar muitos aspectos de um problema ao mesmo tempo, pois ao se priorizar um aspecto o problema simplesmente muda de natureza e emerge de outra forma.

Complexidade é um conceito difícil de definir. Hall (1962) coloca a questão de definição desse termo e a constante presença da expressão: "a crescente complexidade dos sistemas" sem a existência de uma explicação completa do que é essa complexidade dos sistemas. Hall prossegue afirmando que crescente complexidade dos sistemas leva a evolução da engenharia de sistemas, mas que não é possível dar uma definição numérica ou científica, podendo-se dizer que é tratada de forma informal, considerando-se a quantidade de componentes e suas relações.

Hitchins (2008) argumenta que com o entendimento, mesmo que limitado, do conceito de emergência em sistemas, é possível lidar com a complexidade e sintetizar sistemas com as propriedades emergentes desejadas. Sendo essa uma direção que a engenharia de sistemas busca seguir, identificando padrões de processos em projetos de sistemas que possam resultar em emergência, assegurando que qualquer atividade associada ao padrão não o perturbe. Isso é possível quando para se representar um sistema o engenheiro não utilize apenas de estruturas, funções, formas, etc., mas que utilize uma representação de propriedades emergentes, capacidades e comportamentos. Essa ação de projeto vai contra o empregado pelas práticas do Reduccionismo Cartesiano, onde tais práticas de identificação de padrões se orientam pelas partes do todo isoladas, seus componentes, tratando-as de forma independente, desconsiderando interações essenciais que ocorrem quando da operação do sistema como um todo.

2.2.4 Pensamento sistêmico

Pensamento sistêmico é um modo de abordar problemas não apenas separando-o em suas partes menores, mas vendo as partes e as relações entre elas como um problema maior. É com esta linguagem que os engenheiros de sistemas entendem os sistemas. Através do arcabouço dado pelas leis e princípios da Teoria de Sistemas os engenheiros utilizam o pensamento sistêmico para caracterizar suas observações do todo. Checkland (1981) argumenta que o pensamento sistêmico está apoiado em dois pares de idéias:

- *Emergência e hierarquia*, comentados nos tópicos anteriores;
- *Comunicação e controle*, a comunicação no sentido de transferência de informação, como colocado no artigo clássico de Shannon sobre modelo matemático da comunicação, teoria da informação (SHANNON, 1948); o controle é o meio pelo qual um todo retém sua identidade e/ou desempenho sobre circunstâncias que não se mantêm constantes. Por exemplo, um processo de tomada de decisão assegura que ações de controle serão tomadas considerando o propósito ou a missão do sistema, sem prejudicar seu desempenho.

Checkland prossegue colocando que o conceito de informação é uma das idéias mais poderosas do Movimento de Sistemas, comparável com a importância da idéia de energia. Energia e informação são abstratas; ambas possuem considerável poder exploratório, ambos permitem a construção de conjecturas que podem ser testadas experimentalmente. A Física poderia ser um assunto caótico não fosse a idéia de energia, o pensamento sistêmico, de forma similar, não poderia ser o que é sem a idéia de informação.

Hitchins (2008) afirma que, como as idéias relacionadas à teoria de sistemas podem ser aplicadas a todos os tipos de sistemas, o pensamento sistêmico permite o entendimento e modelagem do comportamento de um sistema, permitindo uma perspectiva de sistemas sobre fenômenos, eventos, situações, i.e., usando métodos e princípios da teoria de sistemas e ferramentas de modelagem de sistemas.

2.3 ENGENHARIA

De acordo com o dicionário Caldas Aulete da língua portuguesa (AULETE, 2009), engenharia é a ciência e técnica das construções civis, da fabricação de máquinas e do aproveitamento dos recursos da natureza em benefício do homem e suas necessidades. Kossiakoff e Sweet (2003) afirmam que no trabalho da engenharia há uma preocupação com eficiência. Hitchins, 2008, argumenta que a engenharia clássica é linear e, geralmente, baseada no Reduccionismo Cartesiano. A engenharia dá ênfase a funções, formas, estruturas e arquitetura, tendo como objetivo ter um todo igual à soma das partes.

Durante o século XIX, a engenharia ganhou a estrutura da disciplina científica. Isso corresponde a um desenvolvimento tecnológico onde as ferramentas utilizadas desde o século XIII foram substituídas passo a passo por máquinas, as quais, durante o século XIX, começaram a se conectar a sistemas - sistemas elétricos, sistemas de telegrafo, sistemas ferroviários e a sistemas de transmissão de energia nas fabricas. A engenharia, em seu início, era entendida como uma aplicação do conhecimento das ciências naturais, uma visão que continua a dominar a reconstrução teórica das ciências tecnológicas, pelo menos até o fim da Segunda Grande Guerra (POSER, 1998).

2.4 ENGENHARIA DE SISTEMAS

Nos Estados Unidos, durante a Segunda Guerra e também no período pós-guerra, inclusive com o início da guerra fria, houve uma a necessidade de se desenvolver técnicas baseadas em teorias de sistemas para o processo de criação de grandes sistemas de defesa. Engenheiros, cientistas e administradores desenvolveram técnicas que se tornaram conhecidas por engenharia de sistemas, pesquisa operacional e análise de sistemas. Hughes (2005) argumenta que a engenharia de sistemas lidava com a gestão do processo de desenho e desenvolvimento do sistema, a pesquisa operacional estava voltada ao uso de técnicas quantitativas

para alisar os sistemas de armamento e a análise de sistemas compara, contrastava e avaliava os projetos propostos.

Máquinas podiam ser entendidas, explicadas, analisadas e gerenciadas de acordo com o ensinado nas escolas clássicas de engenharia e de administração, ao passo que muitos dos sistemas que estavam sendo criados durante a Segunda Guerra Mundial possuíam um nível de complexidade que não podia ser totalmente compreendido.

Desde a sua formalização, a engenharia de sistemas é uma atividade mais baseada na prática do que em uma disciplina acadêmica, é considerada mais como um método do que como uma disciplina fundada em livros e formalismos. Diferente das disciplinas tradicionais de engenharia, a engenharia de sistemas não segue um conjunto de fenômenos fundamentais baseados em propriedades físicas e relações, ao invés disso, ela está associada ao conhecimento para se orquestrar esses fenômenos, de se lidar com as propriedades emergentes dos sistemas.

Hitchins (2008) argumenta que a engenharia de sistemas trata os sistemas tecnológicos considerando-os como dinâmicos, abertos, com contextos de interação, potencialmente adaptáveis a outros sistemas em seu ambiente, e capaz de exibir propriedades emergentes, capacidades e comportamentos. Esta abordagem enfatiza a interação dinâmica entre as partes do sistema e com sistemas externos a ele, sua ênfase está em comportamento, funções, funcionalidade, processos e dinâmica. Hitchins prossegue afirmando que em sistemas simples o resultado de uma abordagem utilizando a engenharia chamada de clássica e a engenharia de sistemas pode ser similar, mas em sistemas complexos o resultado é diferente.

A definição dada por Hitchins (2008) para engenharia de sistemas é a adotada pelo autor deste trabalho:

Engenharia de sistema é a arte e a ciência de criar soluções como um todo para sistemas complexos. (Hitchins, 2008 p.91, tradução do autor).

Essa não é a única definição existente, há diversas outras que, apesar apresentarem algumas palavras significativas como: Interdisciplinar, interativo, sócio e técnico e todo, parecem mais com formas de como a engenharia de sistemas deve ser feita, do que uma definição do termo, por exemplo:

Engenharia de Sistemas é uma disciplina que se concentra no projeto e aplicação do todo (sistema) sendo distinto de suas partes. Ele envolve tratar o problema inteiramente, levando em conta todas as facetas e todas as variáveis, relacionando aspectos sociais e técnicos. (Ramo apud INCOSE, 2006, p. 2.1, tradução do autor).

Engenharia de Sistemas é um processo iterativo de síntese, desenvolvimento e operação de sistemas do mundo real que satisfazem, de uma forma quase ótima, os requisitos do sistema. (Eisner, apud INCOSE, 2006, p. 2.1, tradução do autor).

Engenharia de Sistemas é uma abordagem interdisciplinar que possibilita a realização de sistemas de sucesso. (INCOSE, 2006, p. 2.1, tradução do autor).

A função da engenharia de sistemas é guiar a engenharia de sistemas complexos. (KOSSIAKOFF; SWEET, 2003, p. 3, tradução do autor).

Hall (1962), autor de um dos primeiros livros sobre engenharia de sistema, argumenta que a engenharia de sistemas não possui uma definição clara e precisa contida em uma única frase, isso devido as suas múltiplas particularidades. Para poder dar uma idéia geral que seja razoável, compreensiva e que seja útil, Hall argumenta que é necessário definir a função da engenharia de sistemas em termos de: Evolução, processo, objetivos, classes de trabalho realizado, colocação dentro da organização para satisfazer sua função, ferramentas e técnicas empregadas, pessoas que a utilizam e da relação com os campos administrativos.

2.4.1 Ciclo de vida

Todo o sistema feito pelo homem possui um ciclo de vida, mesmo que não esteja formalmente definido. Modelos de ciclo de vida dividem a progressão, a linha do tempo de um sistema, em fases que separam os principais pontos de decisão na vida de um sistema, como: concepção, desenvolvimento, utilização, manutenções e descarte. Hitchins (1992) afirma que o começo e o fim de cada fase é marcado por um significativo controle, decisão técnica ou evento que autoriza o prosseguimento para a próxima fase.

Há diversos modelos na literatura, cada um possui um conjunto de fases (HITCHINS, 1992; KOSSIAKOFF; SWEET, 2003; SYDENHAM, 2003; SAMARAS; HORST, 2005; WASSON, 2006). Não necessariamente esses modelos possuem o

mesmo número de fases nem os mesmos nomes para cada fase. Contudo, todos os modelos representam um processo de desenvolvimento de sistemas, desde sua concepção, ou em alguns casos, identificação do problema, até seu descarte, sendo que há casos de modelo mais antigos que não prevêem o descarte. Hall (1962), que não utiliza o termo ciclo de vida, chamando apenas de processo da engenharia de sistemas, afirma que o sucesso da engenharia de sistemas depende essencialmente da forma como esse processo é conduzido.

Sydenham (2003) argumenta que a definição de ciclo de vida melhor disseminada assume que cada fase deve ser concluída com poucas preocupações em relação às fases anteriores, o ciclo inicia-se com requisitos claros e corretos, e a partir daí, se cada fase for executada corretamente, assume-se que o sistema como um todo irá funcionar corretamente. Sydenham prossegue afirmando que esse modelo, conhecido como cascata (figura 3), tem esse nome devido a cada fase completada passar uma documentação para a fase seguinte, como se os documentos caíssem na piscina da fase seguinte, ou, outra metáfora, ao completar uma fase os documentos são jogados sobre um muro onde do outro lado estão as pessoas que executarão a fase seguinte. Esse modelo se baseia no fato de que o projeto pode ser perfeito, há tempo suficiente para a execução de cada fase e tudo que é necessário estará disponível para a fase seguinte. Hitchins (1992) argumenta que, como um caso geral da engenharia de sistemas, neste modelo o usuário recebe o sistema em produção. Os usuários não estão no sistema.

O pensamento por trás do modelo cascata apresenta alguns problemas na prática. Sydenham (2003) afirma que o processo de criação de um sistema que nunca foi criado antes é uma experiência criativa de aprendizado científico. O engenheiro não terá toda a informação necessária em cada passo do ciclo. O modelo cascata funciona para construção de sistemas pequenos e que podem ser replicados com poucas alterações. A engenharia de um novo sistema irá invariavelmente ter que lidar com alterações durante o projeto, impossibilidade de longos tempos de entrega para cada fase, e, para o projeto no geral, a existência de interfaces ineficientes entre as fases.

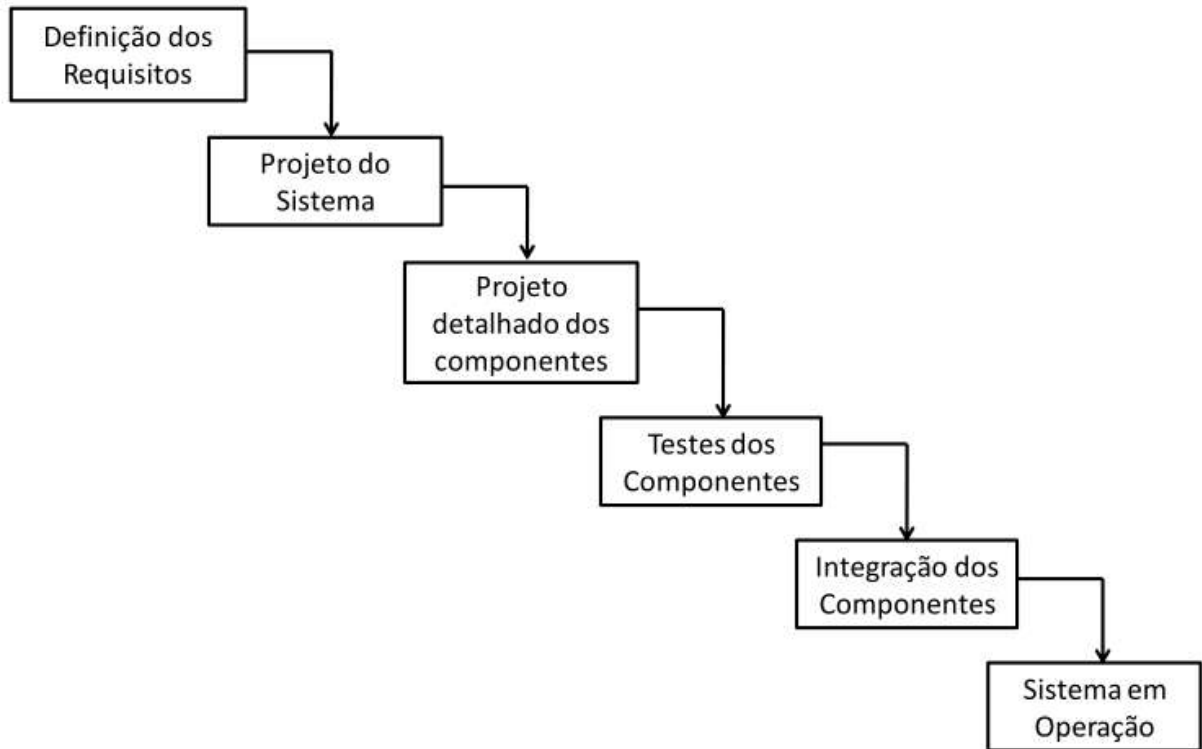


Figura 3 – Modelo de Ciclo de Vida: Cascata

Uma melhora significativa nesse processo pode ser realizada através de alimentações tanto para fases futuras como realimentações para as fases já realizadas, podendo, inclusive, provocar um retrabalho. Isso é alcançado através testes e validações entre as fases. Com essas ações as seqüências de fases do ciclo de vida podem ser redesenhadas como um processo em Vê, onde as fases do lado esquerdo do Vê são atividades de desenho do projeto e as fases do lado direito são relacionadas às implementações do sistema. A figura 4, adaptada de Sydenham (2003, pg. 6), apresenta um processo em Vê.

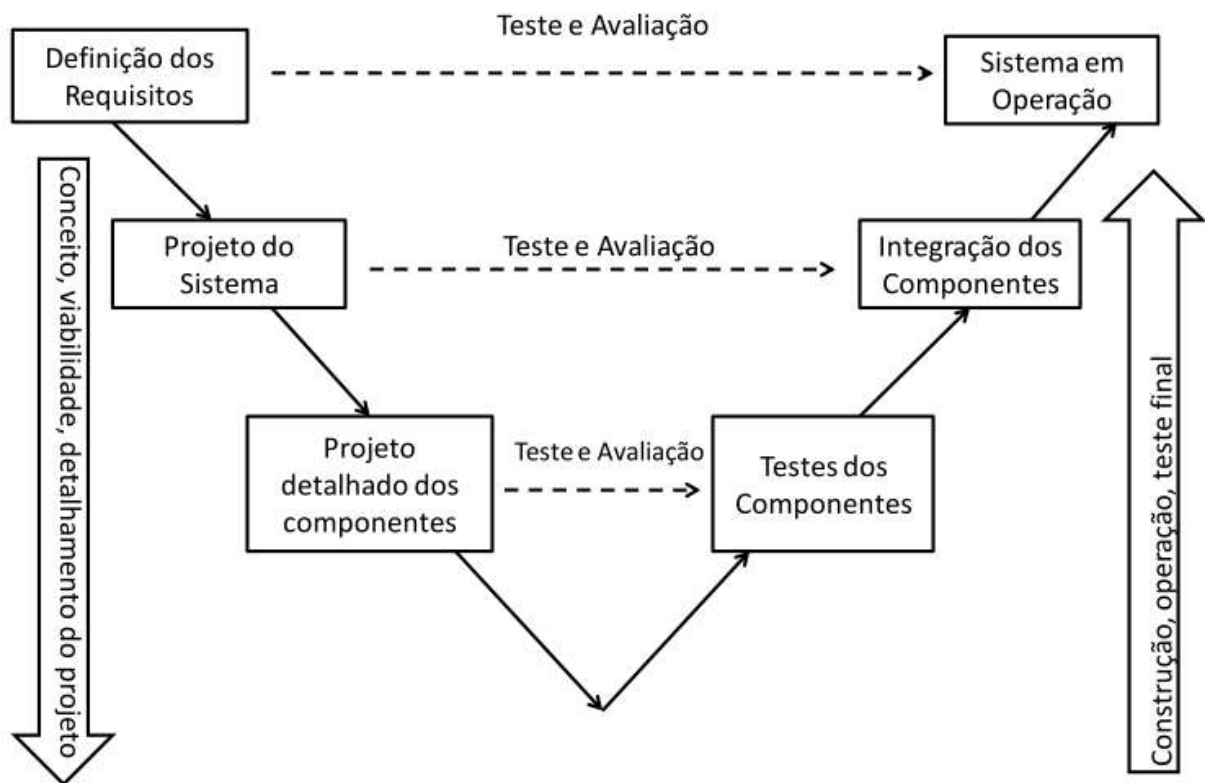


Figura 4 - Fases do ciclo de vida formando um processo em Vê.

Modelos de ciclo de vida indicam práticas genéricas que podem ou não ser totalmente úteis para organizações que desenvolvem sistemas. Recomendações para adaptar as atividades descritas por esses modelos para a situação na qual elas serão empregadas são comuns e dependem da decisão e julgamento de pessoas; o que leva muitas organizações a ter suas próprias abordagens de desenvolvimento de sistemas. Este cenário, onde cada organização possui o seu modelo, pode ser melhorado com a normatização.

A existência de normas de engenharia não elimina a adaptação do modelo às necessidades das organizações. Contudo elas definem seqüências de atividades e pontos de decisão que correspondem a uma transição progressiva das principais atividades da engenharia, e que podem ser mapeadas nos principais modelos de ciclo de vida utilizados pela comunidade da engenharia de sistemas.

2.4.2 Normas e modelos de engenharia de sistemas

As normas e modelos de engenharia de sistemas são processos de engenharia que indicam um conjunto de tarefas interdependentes que orienta a aplicação de técnicas de engenharia de sistemas no desenvolvimento de sistemas, elas estão relacionadas às fases do ciclo de vida de um sistema.

Stuart (2008) afirma que as normas servem a três propósitos distintos, porém relacionados:

- Ser um exemplo de exatidão, perfeição ou qualidade que pode ser usado como uma referência para comparação;
- Estabelecer os princípios de integridade e confiabilidade que permitem a confiança e a cooperação;
- Ser o foco de uma causa, de modo que favoreça os compromissos assumidos por essa causa.

Com praticamente o mesmo peso, cada um desses propósitos estão presentes na engenharia de sistemas nos últimos 40 anos. Eles ratificaram modelos de ação, propriedade, realização, comunicação técnica e disciplina. A sucessão desses modelos nas últimas décadas está levando a um refinamento das melhores práticas de engenharia de sistemas. Inicialmente esses modelos estavam focados nas transformações técnicas e seus resultados, depois se concentraram na garantia da qualidade, depois na modelagem e na comunicação, até que, com a experiência adquirida, atingiram a todas as fases do ciclo de vida de um sistema (STUART, 2008).

O Conselho Internacional de Engenharia de Sistemas (*International Council on Systems Engineering* - INCOSE) mantém um grupo de trabalho em normas de engenharia de sistemas para disseminação de informações sobre normas e atividades de normatização com os seguintes objetivos (INCOSE, 2010):

- Estabelecer ligações com todas as organizações que elaboram normas de engenharia de sistemas;

- Estabelecer um entendimento comum sobre a finalidade e conteúdo das normas de engenharia de sistemas;
- Influenciar a evolução e a melhorias das normas de engenharia de sistemas.

Existem várias normas e modelos de maturidade para a engenharia de sistemas, o que torna difícil a escolha de qual utilizar. Tanto as normas como os modelos de maturidade descrevem o que é a engenharia de sistemas, mas utilizam formas diferentes. Enquanto que as normas obrigatoriamente passam por um processo de aprovação da indústria, a fim de atender às diretrizes de uma nação, como as estabelecidas pela ABNT, os modelos de maturidade podem ser criados por qualquer um que possua recursos para isso (SHEARD; LAKE, 1998).

Sheard e Lake (1998) compararam cinco normas de engenharia de sistemas segundo o nível de detalhe do processo de engenharia de sistemas de cada uma e a amplitude do escopo, isto é, a abrangência da norma em relação ao ciclo de vida de um sistema. Dentre as cinco normas comparadas pelos autores, está a norma interina (*interin standard*) EIA/IS 632 que nunca chegou a ser oficializada e que, por isso, não será apresentada neste trabalho. A figura 5 apresenta comparação das normas baseadas na comparação de Sheard e Lake (1998). A seguir estão listadas as normas e uma breve descrição sobre o objetivo de cada uma delas.

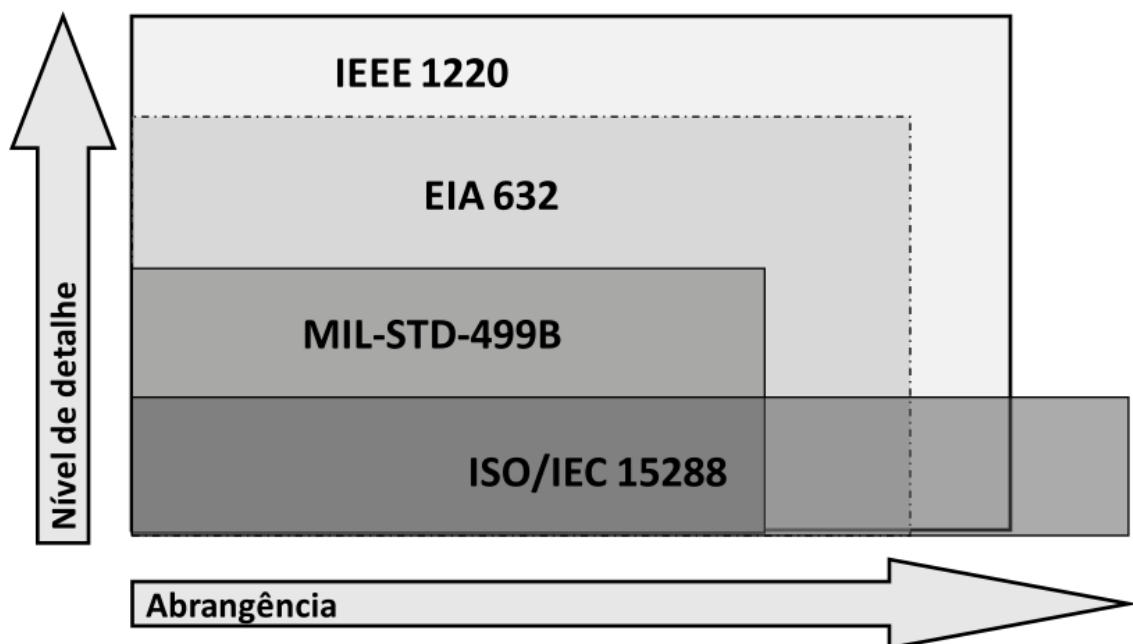


Figura 5 - Abrangência e nível de detalhe de normas de engenharia de sistemas.

As seguintes normas de engenharia de sistemas foram utilizadas na comparação realizada por Sheard e Lake (1998):

- **IEEE 1220-1994⁸, Norma IEEE para Aplicação e Gestão do Processo de Engenharia de Sistemas.**

A norma define as tarefas interdisciplinares necessárias durante todo o ciclo de vida do sistema para transformar as necessidades, requisitos e restrições dos clientes em uma solução de sistema. São especificados os requisitos para o processo de engenharia de sistemas e sua aplicação durante o ciclo de vida do produto. O foco da norma são as atividades de engenharia necessárias para guiar o desenvolvimento de produtos, assegurando que o processo produtivo está adequado e que o produto está adequadamente projetado para ser produzido, utilizado, mantido e, eventualmente, descartado, sem riscos desnecessários à saúde e ao ambiente.

- **EIA-632⁹, Processos para Engenharia de Sistemas.**

O propósito desta norma é fornecer um conjunto integrado de processos fundamentais para auxiliar desenvolvedores de sistemas a:

- Estabelecer e desenvolver um conjunto de requisitos completo e consistente que permita soluções viáveis e econômicas;
- Satisfazer os requisitos de orçamentos, cronograma e riscos de projeto;
- Fornecer um sistema, ou qualquer parte de um sistema, que satisfaça as partes interessadas ao longo da vida dos produtos que compõem o sistema. O termo produto utilizado nesta norma significa: um item físico como um satélite (produto final), ou qualquer um de seus componentes (produto final); um item de software como um aplicativo independente executado em um sistema existente (produto final); ou um documento como um plano, ou um serviço como um teste, treinamento, ou manutenção, ou um equipamento como um simulador (produtos que possibilitam algo);
- Prever o descarte seguro e econômico do sistema.

⁸ http://standards.ieee.org/reading/ieee/std_public/new_desc/se/1220-1994.html

⁹ <http://www.geia.org/ANSI-EIA-632-Standard--PROCESSES-FOR-ENGINEERING-A-SYSTEM>

- **MIL-STD-499B, Norma Militar de Engenharia de Sistemas**

Define a abordagem da engenharia de sistemas para o desenvolvimento de sistemas de defesa, especificando o desempenho necessário, especialmente nas fases de aquisição e suporte de um sistema.

- **ISO/IEC 15288 - Processo de ciclo de vida de sistema**

Esta norma estabelece uma estrutura de processo comum que descreve o ciclo de vida de sistemas desenvolvidos pelo homem. Define um conjunto de processos e terminologia associados que podem ser aplicados a qualquer nível hierárquico da estrutura de um sistema. Conjuntos selecionados desses processos podem ser executados durante o ciclo de vida para administrar e realizar as fases do ciclo de vida de um sistema. Isto é possível por meio do envolvimento de todas as partes interessadas, com o objetivo final de obter a satisfação do cliente.

2.5 ENGENHARIA DE REQUISITOS

A engenharia de requisitos é uma disciplina de engenharia por si só, ela é fundamental no desenvolvimento de qualquer produto ou serviço. A engenharia de requisitos também possui um ciclo de vida que conduz o engenheiro de sistemas no processo de levantamento, negociação, documentação e validação dos requisitos do sistema a ser desenvolvido.

Kotonya e Sommerville (1998) argumentam que a engenharia de requisitos cobre todas as atividades relacionadas à descoberta, documentação e manutenção do conjunto de requisitos de um sistema. Eles afirmam que o uso do termo "engenharia" indica que técnicas sistemáticas e passíveis de repetição que são utilizadas para garantir que os requisitos estão completos, consistentes, relevantes, etc.

A norma IEEE Std 610.12-1990 (IEEE, 1990) define requisitos como:

- (1) Uma condição ou capacidade necessária para um usuário solucionar um problema ou atingir um objetivo;

- (2) Uma condição ou capacidade que precise ser atendida ou estar presente em um sistema, ou componente do sistema, para satisfazer um contrato, norma, especificação ou outro documento imposto formalmente;
- (3) Uma documentação que represente uma condição ou capacidade como em (1) ou (2).

Diversos métodos e processos da engenharia de requisitos foram, e continuam sendo concebidos no contexto de desenvolvimento de software. Kotonya e Sommerville (1998) tratam a engenharia de requisitos nesse contexto. Contudo, os autores afirmam que os processos e métodos usados para desenvolver e analisar os requisitos de software também são aplicados a requisitos de sistemas; se aplicam ao sistema como um todo e não apenas ao software, que é componente do sistema.

A literatura apresenta diversos problemas que podem ocorrer durante o ciclo de vida de um sistema devido a requisitos que não foram identificados ou que foram mal entendidos pelo engenheiro (BOEHM; PAPACCIO, 1988; CHRISTEL; KANG, 1992; STANDISH GROUP, 1995; ZAVE, 1997; HOFMANN; LEHNER, 2001; KOSSIAKOFF; SWEET, 2003; SYDENHAM, 2003; INCOSE, 2006; WASSON, 2006). Exemplos desses problemas são:

- Custos de desenvolvimento e implantação ultrapassam os valores inicialmente orçados;
- Não há cumprimento de prazos acordados;
- Quando entregue, o sistema é considerado insatisfatório;
- Altos custos de manutenção;
- Necessidade de alterações freqüentes.

Sobre o processo de construção de um sistema, Brooks escreveu:

A fase mais difícil da construção de um sistema de software é decidir o que construir... Nenhuma outra fase do trabalho prejudica tanto o resultado se feita de modo errado. Nenhuma outra fase é mais difícil de ser corrigida depois. (BROOKS, 1987, p. 10, tradução do autor).

Christel e Kang (1992) argumentam que a engenharia de requisitos pode ser decomposta em três atividades básicas:

- Levantamento de requisitos;
- Especificação, que é a documentação, representação, dos requisitos;
- Validação.

Os autores prosseguem afirmando que o problema chave da engenharia de requisitos é a atividade de levantamento de requisitos, que inclui:

- Apurar fatos sobre o sistema a ser desenvolvido;
- Levantar e identificar requisitos, avaliando e raciocinando sobre eles;
- Identificar prioridades;
- Integrar diferentes demandas.

Melhorar o processo de levantamento de requisitos resulta em informação mais rica para o desenvolvimento do sistema, resultando em sistemas melhores e mais adequados as demandas das pessoas. Holtzblatt e Beyer (1995) argumentam que o processo de definição dos requisitos de um sistema é essencialmente pessoas conversando de modo eficaz uma com as outras. Maiden (2010) reforça esse argumento afirmando que requisitos de um projeto envolvem essencialmente pessoas:

Independente de novos processos, técnicas e ferramentas de software, ainda somos nós, as pessoas, que fornecemos, analisamos e validamos os requisitos. Sucesso na determinação dos requisitos depende fortemente do domínio de conhecimento e das habilidades das pessoas envolvidas, além da colaboração efetiva entre elas (Maiden, 2010, p. 46, tradução do autor).

O engenheiro de sistemas necessita recorrer aos conhecimentos e experiência tanto das pessoas que estão demandando o sistema, como das pessoas que serão impactadas por esse mesmo sistema. Normalmente essas pessoas estão organizadas em grupos, formais ou não, que possuem diferentes propósitos; de tal modo que por vezes o sistema como um todo não possui um propósito claro, com cada um dos grupos tentando impor a sua visão para o sistema, por vezes

conflitantes. Durante o processo de levantamento de requisitos o engenheiro necessita ordenar as demandas para ter um entendimento do que necessita ser desenvolvido e também identificar os três tipos de requisitos que Kano afirma que devem estar presentes em um produto ou serviço (MAZUR; BOLT, 1999; WATSON; CONTI; KONDO, 2003; KANO MODEL, 2010):

- **Requisitos Revelados ou Normais:** São aqueles requisitos identificados quando o engenheiro pergunta para as pessoas envolvidas com o sistema o que elas desejam. São requisitos explicitamente solicitados.
- **Requisitos Esperados:** São aqueles julgados tão básicos pelas pessoas, que por vezes elas nem mencionam a existências deles. Julgam ser desnecessários solicitá-los explicitamente. Um sistema desenvolvido sem esses requisitos traz insatisfação para as pessoas que lidam com ele. Contudo, a presença desses requisitos no sistema passa despercebida para a maioria das pessoas.
- **Requisitos Excitantes:** São os mais difíceis de serem identificados. São requisitos que se não estiverem presentes, a ausência não será percebida, não trará insatisfação para as pessoas. Contudo, a presença deles excita quem tem contato com o sistema. Como estes requisitos não são formalizados pelas pessoas, isto é, elas não estão aptas para dar voz a eles, é responsabilidade do engenheiro de sistemas explorar o problema e as oportunidades para descobrir esses itens não pronunciados pelas pessoas.

Entender como alcançar e exceder as expectativas das pessoas envolvidas com o sistema afeta a satisfação e o relacionamento entre elas e entre elas e o sistema. A presença dos três tipos de requisitos colocados por Kano, e a consideração das dimensões humanas, são fundamentais para que as pessoas se sintam acolhidas pelo sistema. O engenheiro pode utilizar diversos métodos para levantar os requisitos de um sistema, contudo, para respeitar o humano e conseguir conversar com as pessoas obtendo informações necessárias para o sucesso do sistema, ele necessita ter um consenso entre os grupos de pessoas e seus diferentes propósitos.

2.6 FATORES HUMANOS

Os sistemas feitos pelo homem necessitam inevitavelmente de alguma forma de interação humana e controle durante o seu ciclo de vida. Com o avanço da tecnologia e o aumento dos custos de desenvolvimento, operação e suporte, há um esforço dos engenheiros de sistemas para cada vez mais automatizar os sistemas, minimizando o número de interações humanas, aumentando a produtividade, eficiência, eficácia e reduzir custo (WASSON, 2006).

A redução do número de interações humanas é uma forma de o engenheiro dissolver um problema: a ocorrência de erros na interação entre humanos e sistema. Isto é, que a interação não induza uma pessoa a um erro e nem que uma pessoa ao tomar uma decisão errada leve a degeneração do sistema.

Segundo Karwowski apud Mendes (2007) fatores humanos integram o conhecimento proveniente das ciências humanas para adaptar tarefas, sistemas, produtos e ambientes às habilidades e limitações físicas e mentais das pessoas. É uma disciplina científica relacionada:

- Ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas,
- À aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos com o objetivo de aperfeiçoar o bem estar humano e o desempenho global de um sistema.

O termo fatores humanos é mais comumente utilizado na América do Norte, enquanto o termo ergonomia é mais utilizado na Europa. No primeiro caso fatores humanos se refere a aspectos físicos da interface homem-máquina, ou seja, os aspectos anatômicos, antropométricos, fisiológicos e sensoriais, com o objetivo de dimensionar a estação de trabalho, facilitando a discriminação de informações dos mostradores e a manipulação dos controles. No segundo caso, a abordagem europeia, as atividades do operador são privilegiadas, é priorizado o entendimento da tarefa, dos mecanismos de seleção de informações, de resolução de problemas e de tomada de decisão (MORAES, 1993, apud MENDES, 2007). Nesse trabalho fatores humanos e ergonomia são considerados sinônimos.

Chapanis (1996) argumenta que o estudo de tempos e movimentos para integrar os trabalhadores de forma eficaz ao seu ambiente de trabalho e a aplicação de princípios de economia de movimento, marca o início dos estudos dos fatores humanos. Chapanis prossegue afirmando que os estudos sobre fatores humanos foram aprofundados durante a Segunda Grande Guerra, pois as máquinas desenvolvidas para guerra, como radares, aviões e navios, expunham as pessoas que interagiam com elas a situações de stress que nunca tinham sido experimentadas antes, afetando o funcionamento planejado para essas máquinas. Um segundo momento da historia humana que também contribui para o avanço nos estudos sobre fatores humanos foi quando houve a missão do programa espacial americano de levar o homem a lua.

Wickens; Gordon e Liu (1997) afirmam que o objetivo dos fatores humanos é que a interação humana com os sistemas:

- Não induza a erros;
- Aumente a produtividade;
- Melhore a segurança;
- Melhore o conforto.

O erro humano na interação com um sistema está associado às ferramentas disponíveis para a interação e as tarefas que necessitam ser realizadas. Pode ser difícil prever quando ou com que frequência ocorrerão os erros. Contudo, Dekker (2005) afirma que com um exame crítico do sistema no qual as pessoas vão trabalhar é possível antecipar onde os erros irão ocorrer. Dekker prossegue afirmando que os fatores humanos trabalham com essa premissa, e que a noção de projetos de sistemas tolerantes a erro ou resistentes a erro se baseiam nisso.

A disciplina de fatores humanos possui uma especialização na área cognitiva. Essa especialização permite a abordagem tanto da questão do erro na interação humana com o sistema como dos demais objetivos dos fatores humanos. Ela constrói modelos de processos mentais como percepção, memória, raciocínio e reposta motora às interações entre pessoas e sistemas, inclui estudos sobre carga mental de trabalho e processos de tomada de decisão. Os estudos da área cognitiva permitem ao engenheiro compatibilizar os mecanismos de interação dos sistemas

com as características e necessidades das pessoas que irão interagir com eles (MENDES, 2007).

Há dois tipos de requisitos associados a esses fatores humanos (INCOSE, 2006):

- Desempenho humano;
- Projeto para humanos.

Os requisitos de desempenho humano são os tempos em que as tarefas designadas aos humanos devem ser realizadas. Os requisitos de projeto para humanos são os requisitos para que as interações previstas para o sistema possam ser pelas pessoas que utilizarão o sistema.

2.7 SISTEMAS SOCIOTÉCNICOS

Após a Segunda Grande Guerra Mundial, os sistemas desenvolvidos pelo homem possuíam elevada escala de complexidade, o que os distinguiam dos artefatos produzidos na Era das Máquinas. Hughes (2005) argumenta que devido a essa complexidade, o controle, a gestão, desses sistemas tecnológicos se tornou o principal problema para os engenheiros e outros especialistas profissionais. A gestão se tornou um dos principais desafios da sociedade e o pensamento sistêmico oferecia uma resposta racional ao crescimento da complexidade dos sistemas que estavam se tornando a estrutura do mundo industrial, tomando o lugar das máquinas.

Na Idade dos Sistemas a indústria torna-se um sistema que possui uma complexa inter-relação entre pessoas e tecnologias, incluindo hardware, software, dados, ambiente, procedimentos, leis e regras. E, nem por isso, tornou o trabalho realizado pelo homem mais humano do que era na Idade das Máquinas.

Administrar empresas se tornou uma atividade que envolve:

- Sistemas complexos;
- A desumanização do trabalho.

Maté e Silva (2005) afirmam que Fred Emery e Eric Trist, pesquisadores em desenvolvimento organizacional do *Tavistock Institute of Human Relations*¹⁰ em Londres, definiram em 1960 o termo sociotécnico; desafiando uma época baseada no determinismo tecnológico que postulava:

- A tecnologia é autônoma.
- As condições individuais e sociais do trabalho humano deviam seguir as estruturas técnicas (ROPOHL, 1999, apud MATÉ; SILVA, 2005).
- Treinamento é um processo que adapta homens às máquinas, logo os homens podem ser facilmente substituídos, se necessário.

O taylorismo pode ser visto como uma consequência desse determinismo tecnológico, sendo a produção em massa de Henry Ford é o exemplo mais proeminente. Contra esse cenário, Emery e Trist pensavam que deveria haver uma interdependência e uma relação recíproca entre homens e tecnologia, para que no trabalho realizado pelo homem os aspectos sociais e técnicos estejam em harmonia. Para elevar a eficiência da humanização do trabalho, e colocaram que isso poderia ser alcançado principalmente pela participação do usuário no projeto dos sistemas e dispositivos que eles iriam operar.

Maté e Silva (2005), a partir de definição colocada pelo sítio *Computing Cases*¹¹, colocam a seguinte definição de sistemas sociotécnicos:

Um sistema sociotécnico é uma inter-relação complexa de pessoas e tecnologia, incluindo hardware, software, dados, ambiente físico¹², pessoas, procedimentos, leis e regulamentações. (MATÉ; SILVA, 2005 p.ix, tradução do autor).

¹⁰ < <http://www.tav institute.org> >

¹¹ < <http://www.computingcases.org> >

¹² Ambiente físico: Paredes também influenciam e embasam regras sociais, e suas formas podem influenciar as formas como a tecnologia é utilizada. A sala de um gerente que possui uma secretária na frente é um exemplo; os escritórios sem paredes é outro. Levar uma tecnologia que assume um ambiente físico para outro diferente pode causar problemas de entendimento no uso dessa tecnologia (COMPUTING CASES, 2009, tradução do autor).

2.8 e-INFRAESTRUTURA

As infraestruturas eletrônicas (e-infraestruturas) são os recursos básicos utilizados pelas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs). Tais recursos podem ser tanto a infraestrutura de rede de comunicação que permite a comunicação entre computadores como aos próprios computadores organizados em redes que, em conjunto, constituem um grande poder computacional e de armazenagem de dados. A e-infraestrutura permite que recursos, facilidades e serviços sejam disponibilizados para as comunidades educacionais e de pesquisadores conduzirem projetos conjuntos, gerando, trocando e preservando o conhecimento. (CAMPOLARGO, 2004; CCE, 2007).

O funcionamento das e-infraestruturas dependem tanto da tecnologia envolvida, desenvolvidas por diversas disciplinas da engenharia, como de suas interfaces humanas e de suas interfaces com instituições sociais, chamadas interfaces sociais, isto é, dependem de uma infraestrutura tecnológica e de uma infraestrutura social.

3 e-INFRAESTRUTURA COMO SISTEMA SÓCIO-TÉCNICO

As e-infraestruturas são sistemas tecnológicos nos quais a tecnologia por si só não possui um propósito, embora seja possível atribuir um propósito para o qual ela se aplica, por exemplo: Uma e-infraestrutura como uma grade¹³ de computadores é apenas um artefato tecnológico, ela possui um propósito apenas quando uma ou mais pessoas a utiliza para realizar alguma tarefa, como busca de informações ou processamento de dados para resolução de problemas.

Pessoas e instituições sociais possuem um propósito, e a tecnologia serve a esse propósito. Pessoas, instituições sociais e tecnologia resultam em um sistema sócio-técnico, onde há uma infraestrutura social e uma infraestrutura tecnológica (HITCHINS, 2008; SOMMERVILLE, 2007).

3.1 COMPLEXIDADE

A e-infraestrutura traz impactos sociais, tanto no meio acadêmico como na sociedade em geral. A tecnologia existente nas e-infraestruturas permite que as TICs criem sistemas onde a comunicação e as operações de negócios são quase que imediatas:

[...] é o mercado globalizado com interdependência de ações baseadas em tecnologias de informação e comunicação que ocorrem em tempo real¹⁴ que fazem com que os laços entre centros urbanos em diferentes continentes sejam mais fortes que com localidades geograficamente vizinhas. São as cidades globais, as quais Saskia Sassen (9) coloca como sendo referenciais Tóquio, Londres e Nova York – que, não coincidentemente, são sede das mais importantes bolsas de valores e sede das 500 maiores empresas do mundo, fechando um círculo diário quase ininterrupto do mercado global de ações. (FIRMINO; DUARTE, 2008)

¹³ Grade: sistema que permite a integração e compartilhamento de recursos. Nota do autor.

¹⁴ “de forma imediata” ou “online” são expressões mais adequadas do que “em tempo real”. Tempo real possui significados mais restritos, como indicar que o sistema deve processar informação em um intervalo de tempo específico, caso contrário, o sistema corre o risco de fracassar em seu objetivo do sistema. Laplante, 2004, p.4, argumenta que sistemas de tempo real são sistemas obrigados a obedecer a restrições explícitas de tempo de execução, senão correm o risco de sofrer conseqüências severas, incluindo o fracasso. Nota do autor.

Contra uma visão instrumental, cartesiana, de um poder derivado do "cogito", Diderot (e Bruno Latour relendo na contemporaneidade o conceito de "rede") nos convida a construir e participar de redes vivas, capazes de produzir conhecimento e riqueza novos.

As redes de informação e comunicação pulsam ao nosso redor, abertas à inovação na geração de riqueza, emprego e renda em todos os setores da sociedade. É nessa dimensão que se formam e difundem ondas humanas de inteligência, desenvolvimento e criação. Delas brota conhecimento novo, portanto, novos mercados, valores, produtos, serviços e hábitos, modelos de cultura livre e um empreendedorismo da razão.

O ideal iluminista que, desde o seu alvorecer no velho continente, já atravessou quadras mais ou menos sombrias pode, sob o impulso também luminoso das interfaces digitais, inspirar e movimentar um novo ciclo de desenvolvimento e humanidade. (SCHWARTZ; PLONSKY, 2009)

Os impactos sociais provocados pela tecnologia dos sistemas de e-infraestruturas trazem implicações tanto nas formas de organização das empresas, como nas tarefas gerenciais, como nas relações humanas. Dada a natureza e a escala desses processos, há um aumento considerado da complexidade desses sistemas que envolvem infraestrutura tecnológica e infraestrutura social, indo além da complexidade inerente da tecnologia. Os métodos de engenharia apresentam dificuldades no tratamento da infraestrutura social desses sistemas, tanto no mapeamento do humano como das instituições sociais, que muitas vezes são vistas apenas como fazendo parte do contexto, sem pertencerem diretamente ao sistema (BRYL; GIORGINI; MYLOPOULOS, 2009; FIADEIRO, 2008; HOLLNAGEL; WOODS, 2005; NISSENBAUM, 2001; OTTENS et al., 2006).

A complexidade das interações e combinações entre os elementos tecnológicos, humanos e sociais significa que os sistemas de e-infraestrutura não podem ser vistos apenas como a soma de seus componentes. Esses sistemas possuem propriedades que são do sistema como um todo. Essas propriedades, as propriedades emergentes do sistema, que não podem ser atribuídas a nenhum componente do sistema especificamente, que emergem somente quando o sistema como um todo é considerado.

Também contribui para a complexidade das e-infraestruturas o fato de que muitos dos sistemas existentes não terem sido projetados de forma integrada. Eles foram se juntando gradualmente formando um tipo de patchwork. Um patchwork de novas e velhas tecnologias e também um patchwork de pessoas e instituições. Novos sistemas devem se adequar a esse cenário, tratando as demandas das pessoas e

das instituições sociais envolvidas, que buscam aperfeiçoar suas decisões pensando em seus próprios subsistemas e em seus próprios interesses (HOUWING; HEIJNEN; BOUWMANS, 2006).

O projeto de sistemas de e-infraestrutura deve ter uma abordagem holística, buscando medidas que garantam sistemas funcionais e sem falhas, respeitando as pessoas e as instituições sociais envolvidas.

3.2 REQUISITOS E ENGENHARIA DE SISTEMAS

Os métodos tradicionais da engenharia, com o seu reducionismo, tratam os componentes tecnológicos e os fatores humanos com sucesso. Contudo, apresentam dificuldades ao tratar pessoas e instituições sociais, muitas vezes essas últimas são vistas apenas como parte do contexto, sem pertencer diretamente ao sistema, ou, algumas vezes, ignoradas. Os sistemas de e-infraestrutura possuem uma complexidade intrínseca que não é devida apenas aos seus componentes tecnológicos, mas também é devida aos seus componentes da infraestrutura social. Para produzir sistemas de e-infraestrutura que sejam utilizados com sucesso é necessário que os métodos utilizados pela engenharia permitam criar sistemas onde as pessoas que interagem com o sistema:

- Sintam o que esperam da relação, isto é, o sistema deve atender aos requisitos revelados e esperados.
- Sejam surpreendidas nessa relação, isto é, o sistema tenha requisitos excitantes.
- Durante todo o ciclo de vida deve haver o respeito e consideração pelas dimensões humanas e sociais, indo além do tratamento dos fatores humanos tal como eles aparecem hoje na literatura (CHAMPANIS, 1996; NEMETH, 2004; SADOM, 2004).

A abordagem utilizada pela Escola de Sistemas Soft da engenharia de sistemas permite entender o domínio do problema dos sistemas de e-infraestrutura e auxilia na identificação das dimensões humanas e sociais. Isso ocorre por que:

- A atividade de compreender o domínio do problema é essencialmente uma atividade que envolve a relação entre pessoas, uma atividade que lida com atividades humanas.
- A abordagem para ir além dos fatores humanos e tratar o problema de identificar as dimensões humanas e sociais é o uso dos métodos do pensamento sistêmico soft com uma estratégia de abordagem evolucionária, como a proposta por Soares (1986).

A abordagem evolucionária (figura 6) trata da interação entre *realidade* e *pensamento* e da interação entre *problema* e o que Soares (1986) denominou de *solução*. Soares define *solução* como superação de impossibilidades ou melhorias na realidade existente através de uma ação, considerando *solução* como também indicativa de melhorias, isto é, de uma resposta que satisfaz, mas não soluciona o problema. Este autor prefere o uso do termo *resposta*, pois de acordo com Ackoff (1981) um problema pode ser **resolvido**, **solucionado** ou **dissolvido**. Das interações expostas acima há quatro ações que geram um ciclo a ser percorrido para resolver (nem sempre solucionar) um problema. Essas ações são as seguintes:

- **Compreensão**¹⁵: Quando o engenheiro constrói um entendimento, uma representação abstrata para um problema real;
- **Concepção**: Quando o engenheiro cria uma resposta ao problema que satisfaz o problema no plano do pensamento.
- **Realização**: Construção da resposta ao problema no plano da realidade.
- **Utilização**: Estabelecimento da resposta ao problema no ambiente do problema.

Estabelecer a resposta ao problema pode trazer impacto à realidade, surgir cenários não determinados anteriormente, o que dá origem a novas demandas levando a uma redefinição do problema. A seqüência de tratamentos aos problemas origina uma espiral evolucionária (figura 6, baseada em Soares, 1985) que mantém o controle dos passos dados na identificação das dimensões humanas e sociais, esse

¹⁵ Soares (1986) chama essa ação de apreensão, o autor prefere chamar de compreensão (KIERAN, 2002).

controle é fundamental na engenharia de requisitos (SOARES, 1986; KOTONYA; SOMMERVILLE, 1998; INCOSE, 2006).

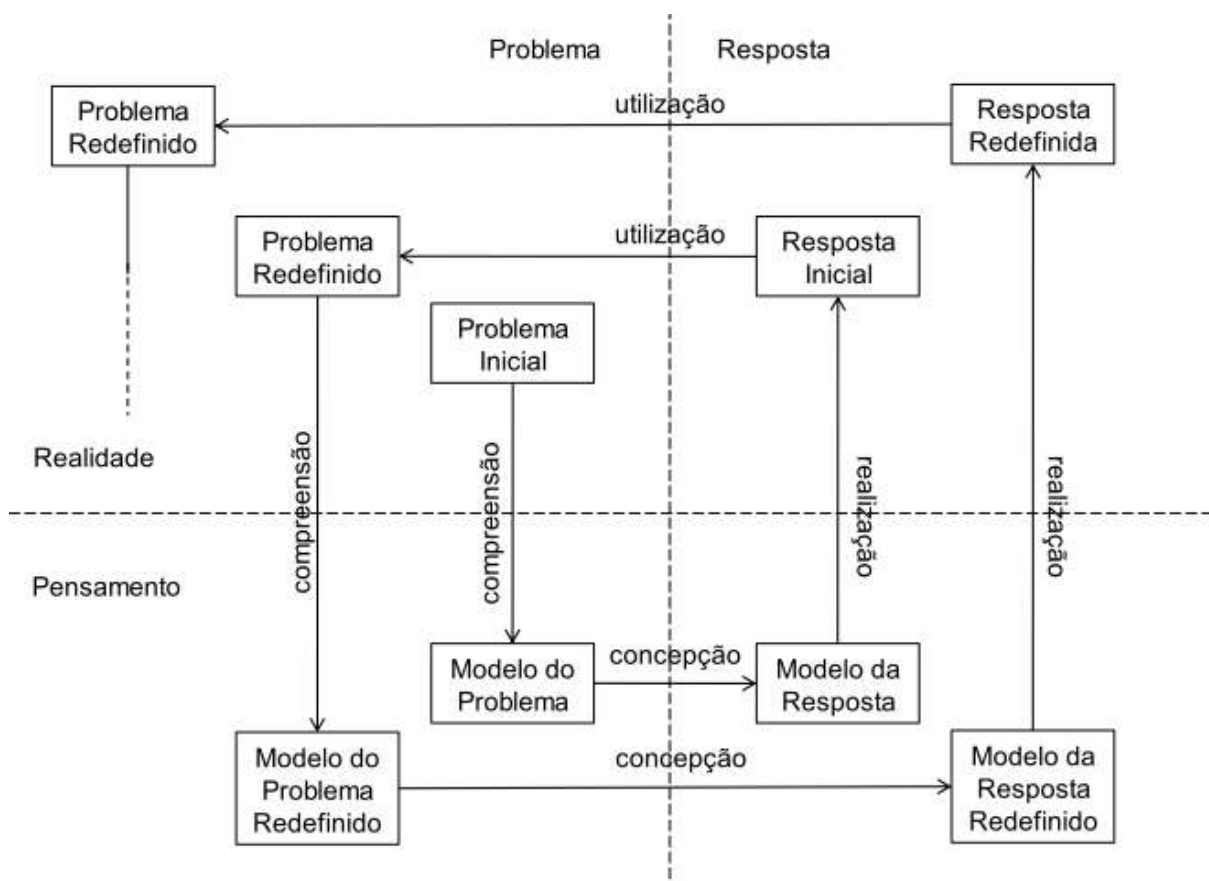


Figura 6 - Espiral Evolucionária.

Embora a identificação das dimensões humanas e sociais durante todo o ciclo de vida seja importante para o sucesso do sistema, o primeiro passo desse ciclo de vida, o levantamento de requisitos, é crucial para esse sucesso.

A importância do correto entendimento dos requisitos também foi colocada em termos de custo de desenvolvimento. Boehm e Papaccio no final da década de 80 argumentam que os defeitos encontrados após a entrega de um sistema de software custam de 50 a 200 vezes mais para serem corrigidos do que eles custariam caso tivessem sido identificados nas fases iniciais do ciclo de vida. A indústria ainda encontra problemas no tratamento dos requisitos, segundo Wieggers apud Firesmith (2007) dados da indústria de software sugerem que aproximadamente 80% do retrabalho em um produto de software podem ser atribuídos a problemas com

requisitos. Os sistemas de e-infraestrutura são dependentes de software, especialmente para apresentar uma visão amigável e coerente dos recursos (CCE, 2007).

4 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS: MÉTODOS CONSENSUAIS

Kossiakoff e Sweet, 2003, dividem o ciclo de vida de um sistema em três grandes estágios: Desenvolvimento conceitual, desenvolvimento de engenharia e pós-desenvolvimento. Esses estágios agrupam as transições das atividades propostas pelas normas de engenharia de sistemas, sendo que o estágio de desenvolvimento conceitual é composto pelas fases:

- **Análise de necessidades:** Identifica porque um novo sistema é necessário; se é economicamente e tecnologicamente viável;
- **Exploração de conceitos:** Identifica potenciais conceitos que podem ser aplicados para se atender às necessidades identificadas;
- **Definição de conceito:** Seleciona os conceitos identificados frente às necessidades considerando capacidade, operação e custo.

Durante essas fases o engenheiro tem a preocupação de:

- Determinar o problema,
- Definir um conceito,
- Ter a solução.

Hall (1962) também sugere a definição do problema como sendo a atividade inicial do engenheiro de sistemas. Em um artigo de 1969 ele propõe uma morfologia para a engenharia de sistemas, tendo como um dos pontos chaves de sua estrutura a definição do problema (HALL, 1969).

Assim como Kossiakoff e Sweet, Arthur D. Hall é um autor da Escola de Sistemas Hard. Contudo, diferente de Kossiakoff e Sweet, Hall:

- Trata a atividade inicial do ciclo de vida apenas como definição do problema;
- Propõem um arcabouço para a fase inicial do ciclo de vida que permite uma semântica diferente a essa fase: Pode não ser possível definir completamente

o problema, ou, se definido, o problema pode não ter uma solução, mas pode ser resolvido da melhor maneira possível em um primeiro momento e com a compreensão desse primeiro tratamento iniciar outro ciclo de definição de problema e tratamento (como a espiral evolucionária). Esse ciclo se repetirá até que se tenha todo o entendimento do problema e, eventualmente, uma solução.

Tanto a fase de análise de necessidades definida por Kossiakoff e Sweet (2003) como a definição do problema de Hall (1962) referem-se a:

- Levantamento de requisitos;
- Compreensão desses requisitos;
- Determinação do problema.

Essas atividades são processos da engenharia de requisitos adotados pela engenharia de sistemas. O levantamento dos requisitos é o primeiro processo para a definição do problema, é quando o engenheiro identifica os três tipos de requisitos definidos por Kano (revelados, esperados e excitantes); é, também, processo onde o engenheiro começa a identificar as dimensões humanas e sociais relacionadas ao sistema. Nessa fase o engenheiro está identificando o domínio do problema, utilizando informações obtidas através da leitura de documentos e, em especial, conversando com as pessoas que tem interesse no sistema, que estão envolvidas de alguma forma com o desenvolvimento, uso e descarte do sistema.

Gause e Weinberg (1989) argumentam que não se pode descobrir o que as pessoas precisam sem entender quais são os desejos delas relacionados ao sistema. O engenheiro, em seu trabalho de levantamento de requisitos, deve ajudar as pessoas a esclarecerem seus desejos, para identificar o que elas necessitam e o que elas não necessitam; os autores prosseguem afirmando que a complexidade dessa atividade está no fato de o engenheiro ter que considerar os desejos de muitas pessoas, o que é diferente do que acontece, por exemplo, quando ele cria um produto para satisfazer seus próprios desejos - como quando ele faz um jardim em sua casa. Nesse projeto do jardim o engenheiro não necessita de um processo de requisitos, ele simplesmente constrói, avalia e prossegue realizando ajustes até que se sinta satisfeito.

A interação com as pessoas para identificar desejos e o problema a ser atendido pelo sistema permite identificar o processo de levantamento de requisitos como um sistema dentro do sistema a ser desenvolvido. O levantamento de requisitos é um sistema onde seus componentes são atividades humanas.

O processo de levantamento de requisitos é um processo de colaboração entre o engenheiro de sistemas e as pessoas envolvidas com o sistema. Uma identificação de requisitos eficaz requer uma cooperação eficaz, mas, em muitos casos, há uma dificuldade tanto para o engenheiro de sistemas e as pessoas estabelecerem uma boa relação de trabalho, quanto entre as próprias pessoas. Um exemplo do primeiro caso é o tempo que as pessoas necessitam dispor para participar do processo de requisitos, normalmente elas possuem outras atividades e precisam compartilhar seu escasso tempo com conversas com o engenheiro de sistemas; um exemplo para o segundo caso nasce do fato de que diferentes pessoas possuem desejos diversos e distintos sobre o sistema, esse conflito de interesses pode prejudicar o engenheiro em seu trabalho, pois ele deve ser capaz de respeitar todos os aspectos humanos e sociais existentes nessas situações.

O engenheiro de sistemas deve promover o consenso entre as pessoas sobre os requisitos dos sistemas, identificando e tratando as dimensões humanas e sociais envolvidas, de modo que as pessoas se sintam acolhidas pelo processo. Isso é uma forma de reduzir a insatisfações das pessoas envolvidas no processo de levantamento de requisitos, respeitando aspectos humanos e sociais no processo de obtenção das informações necessárias para o desenvolvimento do sistema.

Hitchins (2008) apresenta seis métodos consensuais, dentre os diversos métodos, que permitem obter um consenso entre as pessoas:

- *Brainstorming*,
- Técnica de Grupo Nominal,
- Escrita de Idéias,
- Análise e Estruturação de Modelos,
- Metodologia de Sistemas Soft de Checkland,
- Método Soft Rigoroso de Hitchins.

Esses métodos são apresentados nos itens a seguir. Também é apresentada uma perspectiva de comparação deles em relação às fases do modelo de ciclo de vida

proposto por Kossiakoff e Sweet (2003), que foi elaborado a partir de normas de engenharia de sistemas. Essa perspectiva permite que o engenheiro de sistemas identifique a contribuição de cada método ao projeto de um sistema.

4.1 BRAINSTORMING

Brainstorming é uma técnica criativa na qual um grupo de pessoas é encorajado por um moderador para expressar suas idéias em relação ao sistema a ser desenvolvido. Isso é feito solicitando idéias sobre um determinado tópico ou sobre uma determinada questão. O resultado de uma sessão de Brainstorming para o processo de levantamento de requisitos pode ser um lista de idéias, expectativas, requisitos, definições e até a identificação de um problema quanto à definição desses itens (TAGUE, 2005; HITCHINS, 2008).

4.2 TÉCNICA DE GRUPO NOMINAL (TGN)

A Técnica de Grupo Nominal (*Nominal Group Technique* - NGT) possui semelhanças com o Brainstorming. Um grupo de pessoas se reúne em uma sala, um moderador apresenta um assunto e conduz uma discussão:

- Antes de iniciar a discussão propriamente dita, o moderador pede aos participantes para que escrevam em uma folha de papel suas idéias sobre o assunto;
- Após um tempo para que todos escrevam suas idéias, o moderador convida cada um dos participantes a ler a primeira idéia que escreveu;
- A cada leitura o moderador escreve a idéia em uma grande folha de papel (*flip chart*);
- Uma nova rodada é realizada com cada participante apresentando sua segunda idéia. O ciclo prossegue até que o moderador tenha anotado todas as idéias;

- O moderador distribui, a seguir, as folhas do *flip chart* pela sala. A intenção dessa ação é distanciar cada idéia da pessoa que a teve;
- O grupo discute as idéias, iniciando pela combinação daquelas que podem ser consideradas como duplicadas, alcançando um entendimento sobre o que cada idéia realmente significa;
- Cada participante é convidado a dar uma nota entre um e dez para cada uma das idéias: Dez para a que mais gostou, nove para a seguinte e assim por diante. O moderador agrega todas as notas. Algumas idéias poderão ficar sem nenhuma nota, e serão descartadas;
- As idéias são ordenadas e delas selecionadas as melhores, normalmente as são consideradas as vinte melhores pontuadas.

Essas idéias constituem as repostas do grupo para o assunto colocado e foram produzidas pelo grupo como um todo, daí o nome “grupo nominal” (TAGUE, 2005; HITCHINS, 2008).

4.3 ESCRITA DE IDÉIAS

A Escrita de Idéias é um aprofundamento da TGN. Depois da apresentação de um tema, esta técnica tem a seguinte estrutura:

- Os participantes são convidados a escrever suas idéias, sugestões, etc., em uma folha de papel;
- Depois de apenas dois ou três minutos, o moderador pede para os participantes passarem a folha para uma pessoa ao seu lado. O ideal é circular em um sentido excluindo algumas pessoas: passar a folha para duas pessoas à esquerda, por exemplo;
- Quem recebe a folha pode ver as idéias já escritas, o que pode levá-lo a um novo conjunto de idéias;
- Depois de um curto período de tempo, o moderador pede para a folha circular novamente, dessa vez um número diferente de pessoas. O processo se repete por uns 30 minutos, ou até que o moderador perceba que a maioria das pessoas não possui mais idéias.

Há dois propósitos nesta estratégia: estimular o surgimento de idéias dentro do grupo e esconder a origem de uma idéia particular, para que ela possa ser tratada objetivamente durante a discussão subsequente, sem preconceitos por ter sido originada por alguém com pouca experiência no tema ou por alguém com cargo de chefia. Para atingir esses propósitos é fundamental:

- Que todos utilizem o mesmo padrão de papel e caneta,
- Que os participantes escrevam suas idéias com letras maiúsculas,
- Que o moderador varie os sentidos e o intervalo de pessoas a pular cada vez que solicitar a circulação da folha com as idéias.

As listas de idéias são trabalhadas posteriormente através de Brainstorming ou TGN para a obtenção de um plano de ação (Hitchins, 2008).

4.4 ANÁLISE E ESTRUTURAÇÃO DE MODELOS

A Análise e Estruturação de Modelos (*Interpretative Structural Modeling - ISM*) auxilia a análise de questões complexas, organizando uma visão coerente delas (WRIGHT, 1995). A técnica foi proposta pela primeira vez em 1973 por John Warfield para realizar análises de sistemas sociais, auxiliando a formulação de planos, estratégias e tomadas de decisão. (Warfield, 1973 apud Hitchins, 2008; Warfield, 1976; James, 1988 apud Hitchins, 2008).

Hitchins (2008) afirma que o ISM tem sido descrito como um processo de aprendizagem assistida por computador que possibilita a uma pessoa, ou a um grupo de pessoas, desenvolver um mapa das relações entre os elementos de uma situação complexa; possibilitando um entendimento da situação e fornecendo uma visão das ações possíveis para se tratar um problema. O autor prossegue sugerindo que o ISM é essencialmente livre de contextos, e que o suporte por computador não é essencial, pois essa modelagem pode ser executada somente com o uso de lápis e papel, ficando apenas mais trabalhosa.

Uma sessão de ISM tem início com um conjunto de elementos (entidades) entre os quais irão se estabelecer relações. Hitchins (2008) sugere o uso da Técnica de

Grupo Nominal ou Escrita de Idéias para identificar uma lista de entidades. O resultado do ISM é um grafo, onde as entidades são os nós e as relações as arestas. Isso permite quatro interpretações (HITCHINS, 2008):

- **Estruturas intencionais:** quando as entidades são os objetivos e as relações são "ajuda a alcançar". O grafo resultante pode ser lido como: "o objetivo A ajuda a alcançar o objetivo B, que ajuda a alcançar o objetivo C" e assim por diante. Quando o grafo é uma árvore, se o objetivo raiz não pode ser alcançado, nenhum outro poderá. O objetivo no nível mais alto da árvore é aquele que todos os outros objetivos auxiliam a alcançar, normalmente é a missão da organização ou do sistema. O desenvolvimento de uma estrutura intencional permite coordenar os objetivos e propósitos aparentemente díspares;
- **Estruturas de aprimoramento de atributo:** quando as relações indicam contribuição entre as entidades; indica entidades que contribuem fortemente umas com as outras. Essa estrutura é uma forma de estabelecer os fundamentos para um projeto, por exemplo;
- **Rede de precedência:** quando as entidades são atividades e as relações indicam ordem de precedência. Pode ser usada para formular um projeto quando as durações de várias das atividades ainda não são conhecidas, por exemplo. Normalmente as ferramentas de gestão de projetos convencionais possuem a duração da atividade como entrada;
- **Estrutura de prioridades:** quando as entidades são projetos a serem executados e as relações indicam: "projeto A tem prioridade sobre o projeto B, que tem prioridade sobre o projeto C", e assim por diante. Esta estrutura auxilia o estabelecimento de prioridades quando há diferenças de interesses e opiniões em um grupo, pois cada membro do grupo contribui para o resultado final.

Todo o processo pode vir a consumir muito tempo, especialmente quando a muita divergência dentro do grupo sobre os relacionamentos entre as entidades. Contudo, esse tempo é importante pois permite aos participantes um tempo para o entendimento, reconhecendo argumentos uns dos outros, buscando um consenso (Hitchins, 2008).

4.5 METODOLOGIA DE SISTEMAS SOFT DE CHECKLAND

A Metodologia de Sistemas Soft (*Soft Systems Methodology* - SSM) é uma metodologia proposta por Checkland (1981) para a articulação de problemas pouco estruturados, isto é, problemas sobre os quais as pessoas não possuem um consenso, são normalmente problemas mal definidos. Hitchins (2008) destaca que a SSM auxilia administradores no tratamento de problemas relacionados a propósitos e ações de uma organização e que sua origem está em um programa de pesquisa do Grupo de Engenharia de Sistemas da Universidade de Lancaster, Inglaterra, que ficava frustrado ao tentar aplicar métodos tradicionais da engenharia de sistemas aos problemas de gestão de empresas. Nem sempre eles conseguiam determinar os propósitos do sistema ou da organização que eles estavam tentando auxiliar. A SSM representa um desenvolvimento do pensamento sistêmico para abordar os problemas que esses pesquisadores encontraram.

A SSM promove um entendimento do problema, ou de uma visão do problema, que surge da interação entre as pessoas envolvidas na situação estudada, promovendo uma acomodação das múltiplas visões do problema e dos múltiplos interesses em seu tratamento. Segundo Patching apud Bellini; Rech e Borenstein (2004) a SSM é essencial em qualquer planejamento que englobe os seguintes aspectos¹⁶:

- Exame das percepções do mundo real;
- Definição de ações para se atuar no mundo real; e
- Reflexões sobre os efeitos resultantes das ações tomadas.

Como uma metodologia desenvolvida a partir do pensamento sistêmico soft, a SSM não produz uma resposta final a questionamentos, ela busca entender a situação do problema e encontrar a melhor resposta possível (CHECKLAND, 1985).

A SSM pode ser representada por um modelo de sete estágios como o que pode ser visto na figura 7. A representação foi montada a partir de Checkland (1981, fig. 6, pg. 163); Bellini; Rech e Borenstein (2004, fig. 1, pg. 5) e Hitchins (2008, fig. 7.1, pg.

¹⁶ Esses aspectos remetem à espiral evolucionária (SOARES, 1986).

194) e destaca as características de apoio à compreensão¹⁷ e à reformulação de hipóteses da metodologia.

Hitchins (2008) argumenta que o ponto chave da abordagem é que a análise aborda a situação do problema sobre duas perspectivas: Parte do método demanda o relato do que realmente está acontecendo na situação que está sendo analisada (o mundo real), outra parte utiliza de lógica e pensamento sistêmico (buscando um modelo no mundo ideal).

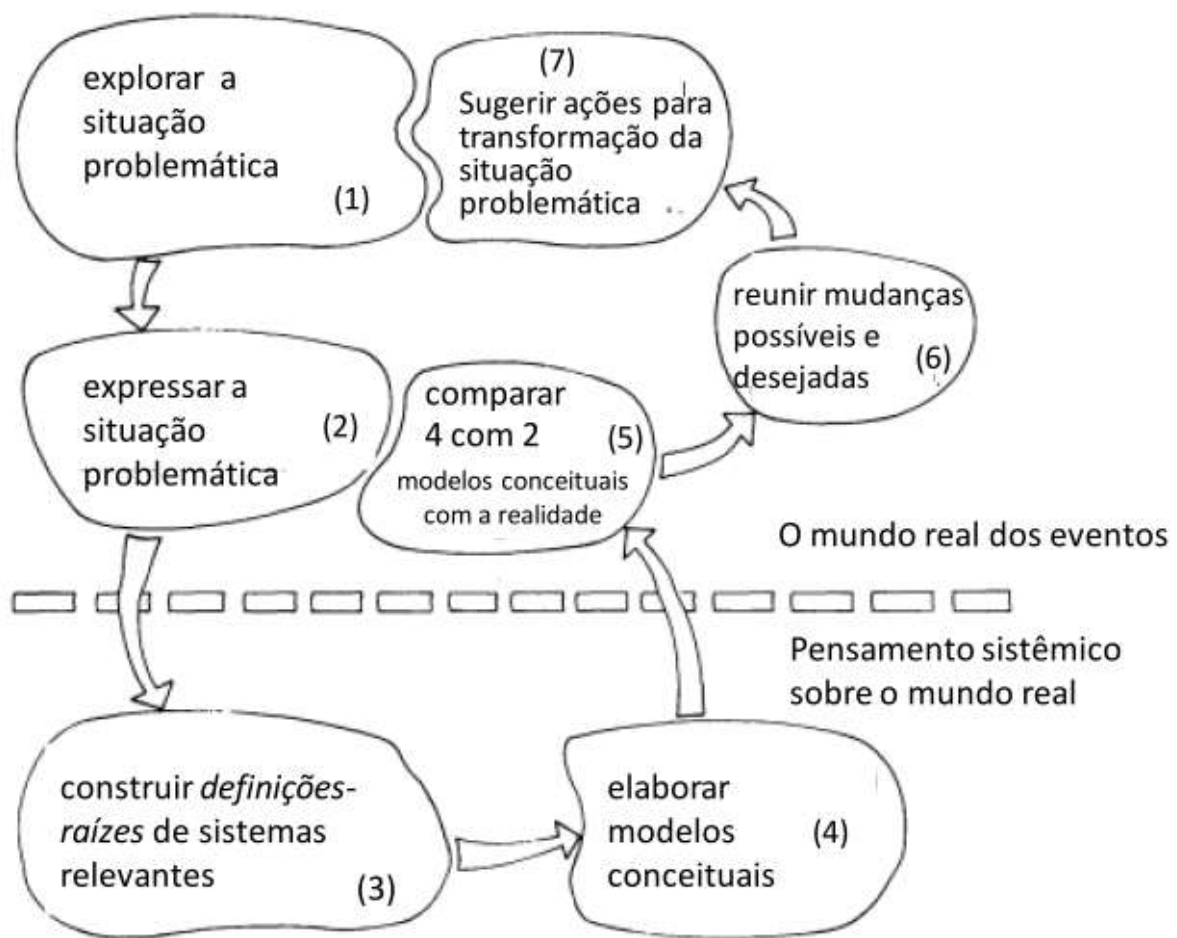


Figura 7 - Estágios da Metodologia de Sistemas Soft de Checkland.

Os sete estágios que compõem o SSM são os seguintes (CHECKLAND, 1981; BELLINI; RECH; BORENSTEIN, 2004; HITCHINS, 2008):

¹⁷ Bellini; Rech e Borenstein (2004) utilizam o termo aprendizagem, o autor prefere o termo compreensão (KIERAN, 2002).

- **Estágios 1 e 2:** Explorar a Situação Problemática Mal Definida (não estruturada) e Expressá-la.

O objetivo dos dois primeiros estágios é elaborar uma figura que represente a situação problemática, segundo a nomenclatura própria da SSM, uma: figura rica (*rich picture*). Essa figura é uma representação gráfica livre do entendimento sobre o problema. O uso de uma representação gráfica encoraja a formação de idéias e facilita à observação de relações e conflitos, Checkland e Scholes (1990) apresentam a figura rica como a ferramenta mais indicada para explorar os relacionamentos, em contraste com a linguagem linear. Hitchins (2008) afirma que a figura rica possibilita identificar possíveis propósitos para o sistema, pois são identificados vários pontos de vista durante a sua construção.

Os aspectos principais a serem considerados na construção de uma figura rica são (CHECKLAND, 1981):

- A estrutura da situação: que ajuda a identificar hierarquias formais e informais e sistemas de comunicação;
 - O processo da situação: que ajuda a compreender como as coisas funcionam e quem faz o quê;
 - A relação entre estrutura e processo: que ajuda a identificar a cultura existente.
- **Estágio 3:** *Definições-Raízes* de Sistemas Relevantes.

Ao iniciar este estágio ainda não é possível saber qual sistema necessita ser desenvolvido ou redefinido, contudo é possível identificar nomes de sistemas conceituais que parecem relevantes ao problema. A identificação desses sistemas relevantes deve ser realizada de forma cuidadosa e explícita. Esses sistemas representam uma perspectiva particular sobre a situação problemática, mas não significa que eles serão necessariamente projetados e implementados no mundo real (CHECKLAND, 1981).

Neste estágio, uma definição sucinta, ou *definição-raiz* (*root definition*) segundo a nomenclatura própria da SSM, é desenvolvida para cada sistema relevante, descrevendo seis aspectos do sistema (CHECKLAND, 1981; ANDRADE et al., 2006; HITCHINS, 2008):

- **C** (**C**liente do sistema): vítima ou beneficiário das transformações do sistema, se o sistema existisse;
- **A** (**A**tores dentro do sistema): aqueles que seriam os protagonistas da transformação, que executariam as atividades do sistema;
- **T** (**T**ransformação): o que o sistema faria; que entradas seriam transformadas em que saídas pelo sistema;
- **W** (**W**eltanschauung ou **W**ord view (visão de mundo)): que visão de mundo, no contexto do sistema, torna a transformação que seria promovida pelo sistema significativa;
- **O** (**O**wners / proprietários): quem teria autoridade para parar ou modificar a transformação que seria promovida pelo sistema;
- **E** (**E**nvironment constrains / restrições ambientais): restrições externas que o sistema teria como certas.

Essas *definições-raízes*, identificadas pelo mnemônico *CATWOE*, devem ser uma descrição concisa de um sistema de atividades humanas que captura uma visão particular sobre ele (CHECKLAND, 1981). Andrade et al. (2006) argumenta que cada uma das *definições-raízes* esclarece a respectiva visão do sistema e diferentes visões são, de fato, a maior causa de complexidade.

- **Estágio 4: Modelos Conceituais.**

Neste estágio são elaborados os modelos conceituais dos sistemas nomeados nas *definições-raízes*. São construídos de modo a incluir o mínimo necessário de atividades para as suas necessidades, são modelos e não projetos. A elaboração pode ter qualquer nível de detalhe e pode ser feita de uma única vez ou através de interações de modo que se tenha uma hierarquia de modelos. Em ambos os casos, a elaboração deve ser o resultado de pensamento sistêmico, não uma referência explícita a organizações existentes ou processos que expõem apenas atividades que são logicamente necessárias (ANDRADE et al., 2006; HITCHINS, 2008).

- **Estágio 5:** Modelos Conceituais e Situação Problemática Expressada.
Neste estágio, comparam-se os modelos conceituais com as percepções da situação real. Deve-se considerar no momento da comparação as ações e mudanças necessárias nos modelos para a transformação da situação problemática. Essa análise deve atender a dois critérios: ser sistematicamente desejável por todos e culturalmente viável dentro do contexto do sistema (CHECKLAND, 1981; ANDRADE et al. 2006).
- **Estágios 6 e 7:** Mudanças Possíveis e Desejadas e Ações para Transformação
O estágio seis desenvolve um plano de ação para as mudanças que são viáveis e desejadas. Viáveis porque podem ser iniciadas e conduzidas na cultura existente, e desejadas porque elas podem trazer mudanças benéficas à situação problemática. No estágio sete o plano de ação é posto em prática (HITCHINS, 2008).

Hitchins (2008) argumenta que é improvável que um único ciclo da SSM solucione o problema. Esse ciclo irá alterar a situação que causou o problema, deixando-o mais exposto, isto é, apenas cria uma nova situação que pode ser beneficiada por uma nova abordagem da SSM. A esse respeito, Hitchins prossegue argumentando que um ciclo da SSM pode resolver o problema, sendo necessários vários ciclos para solucionar o problema.

Kotonya e Sommerville (1998) afirmam que a essência da SSM está no fato de ela reconhecer que os sistemas estão incorporados no contexto humano e organizacional, e que, em um sentido mais amplo, ela está preocupada com os sistemas sociotécnicos.

4.6 MÉTODO SOFT RIGOROSO SOFT DE HITCHINS

Derek K. Hitchins, em seu livro: *Systems Engineering, a 21st Century Systems Methodology* apresenta o Método Soft Rigoroso (*Rigorous Soft Method - RSM*).

Assim como o SSM de Checkland, o RSM é baseado no que Hitchins denomina: *Paradigma de Solução de Problemas em Geral*. A figura 8 apresenta uma versão proposta por Hitchins para esse paradigma (HITCHINS, 2008, pg. 172, fig. 6.1, tradução do autor). Nesse diagrama, questão¹⁸ indica uma preocupação a respeito de um tema ou tópico que surge de problemas no mundo real. Esses problemas são utilizados para modelar um mundo ideal onde eles não existem, e, conseqüentemente, não há preocupação, isto é, a questão não existe.

O mundo real é comparado com o modelo de mundo ideal de forma que as diferenças entre os dois possam ser identificadas e utilizadas como uma agenda de mudanças, para sair da situação do problema no mundo real e, de algum modo ainda indefinido, se aproximar de uma situação onde o problema não ocorre como no modelo de mundo ideal. As melhorias agendadas são julgadas pela sua capacidade, ou não, de tratar os problemas originais.

¹⁸ No texto original Hitchins (2008) utiliza o termo *issue*. O autor traduziu esse termo para o português como: questão.

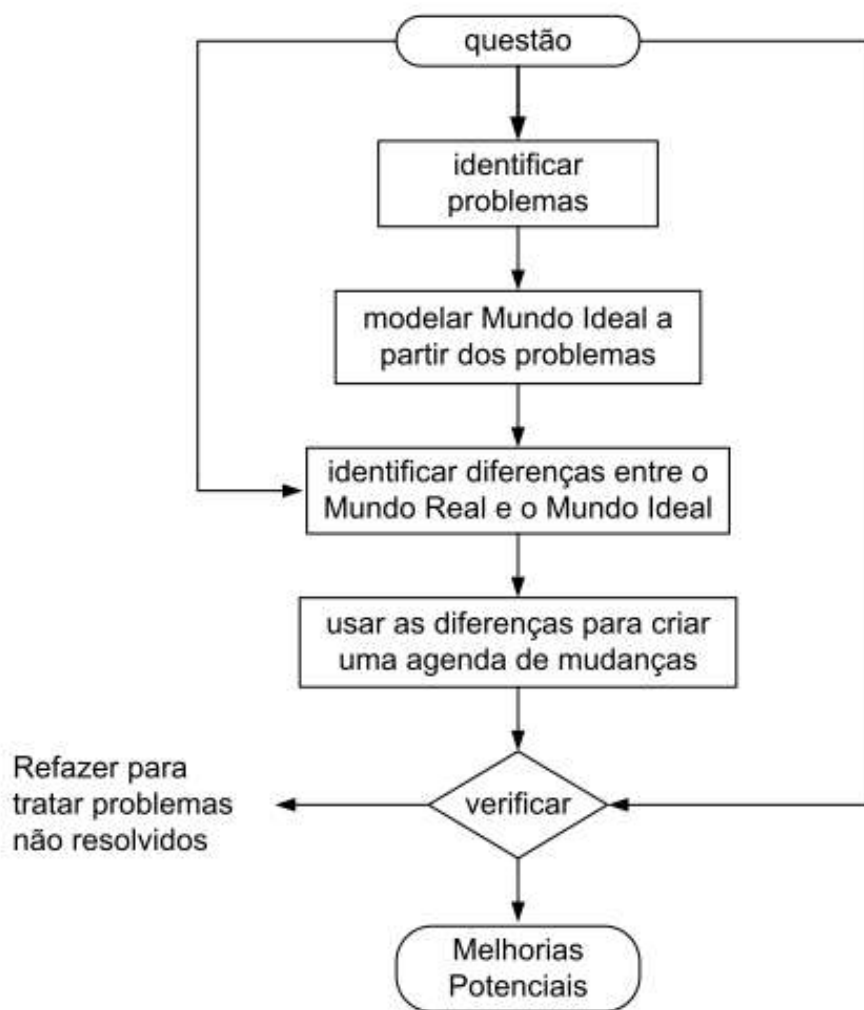


Figura 8 - Paradigma de Solução de Problemas em Geral

O RSM pode ser aplicado a qualquer contexto. As pessoas que estão vivendo o problema, e possuem conhecimento sobre ele, fornecem informações sobre a questão ou problema quando participam dos encontros com o engenheiro de sistemas.

Investigar algumas fontes de disfunção de alguns sistemas complexos pode gerar uma grande quantidade de informação e dados; diferente do SSM, o RSM emprega ferramentas e métodos para tratar, organizar e processar a informação, onde a ação de "processar"¹⁹ implica na progressiva redução da entropia da situação do problema através da ordenação dos dados obtidos, transformando-os em informação para o tratamento do problema.

¹⁹ As aspas são do texto original (HITCHINS, 2008).

O RSM tem como base uma abordagem que pode ser entendida através de uma analogia médica. Um médico é treinado e possui experiência no diagnóstico de disfunções no corpo humano, um dos sistemas mais complexos conhecidos. Os médicos estabeleceram normas para vários aspectos da saúde humana, considerando idade, sexo, tamanho, ocupação, condições ambientais, etc. A partir dessas normas, e da experiência do médico em aplicá-las, um sintoma de uma disfunção em uma pessoa é visto ou não como uma divergência das normas para aquela pessoa específica. Ao receber um paciente que não está se sentindo bem, mas não tem idéia do que pode estar causando o mal-estar, um médico pode seguir o seguinte procedimento (HITCHINS, 2008):

- Perguntar ao paciente sobre seus antecedentes, atividades recentes, viagens que tenha feito, etc., para identificar os ambientes que o paciente freqüentou e exposição a riscos;
- Verificar se há sintomas que indicam alguma variação em relação à norma: temperatura, respiração, pulso, pressão sanguínea, palidez, lesões na pele, suor, agitação, etc. Se necessário, aprofundar a verificação, solicitando, por exemplo, exames de urina e sangue;
- Sempre que um sintoma é identificado, relacionar com disfunções potenciais no corpo humano que podem causar esse sintoma;
- Identificar todos os sintomas possíveis, e identificar a disfunção orgânica ou fator externo que é comum a eles. Embora um sintoma possa ter mais de uma causa, o conjunto dos sintomas poderá apontar para poucas causas comuns para todos os sintomas;
- Quando mais de uma causa possível é percebida, considerar como uma delas pode ter gerado a outra, isto é, modelar, em sua mente, o comportamento do corpo do paciente procurando relações entre as causas;
- Determinado o que pode ter causado a disfunção, propor um tratamento, que pode variar entre não fazer nada até cirurgia, passando por uma eventual medicação. Sempre considerando os riscos envolvidos em qualquer ação em relação à condição do paciente.

A figura 9 (HITCHINS, 2008, fig. 7.3 pg. 198, tradução do autor) apresenta de forma gráfica o procedimento generalizado de diagnóstico, com o tratamento proposto sendo avaliado em relação a seus efeitos colaterais.

Esse procedimento de diagnóstico está incorporado no RSM, possuindo os seguintes passos (HITCHINS, 2003, 2008; VILLACRIZ RÉVOLO, 2008):

- 1 **Nomear a questão e o seu domínio:** o RSM tem início com a identificação de uma questão de um problema, isto é, uma preocupação a respeito de um tema ou tópico. Identifica-se o cenário em que existe o problema, realizando uma descrição da situação atual;

- 2 **Identificar sintomas e fatores da questão:** é realizada a identificação de sintomas que apontam a natureza da questão. Não é incomum redefinir-se a suposta natureza de uma questão depois que alguns sintomas tenham sido identificados e explorados. Os fatores a identificar são os aspectos de uma questão que a tornam "especial"²⁰, fora do comum ou única; não são sintomas de disfunção, mas podem contribuir a situação do problema e devem estar nos modelos a serem construídos.

Neste passo são realizadas entrevistas com várias pessoas que tenham conhecimento do domínio do problema, isto é, tenham alguma relação com o problema ou algum interesse. Pode-se utilizar *Brainstorming*, TGN e/ou ISM. Villacruz Révolo (2008) sugere que também se use a Matriz TOWS (WEIHRICH, 1982) e as figuras ricas do SSM de Checkland (CHECKLAND, 1981). Pode-se também utilizar diagramas de loop causal (*Causal Loop Model* - CLM) dos sintomas (ANDRADE et al., 2006; HITCHINS, 2003, 2008) e considerar os agentes de disfunção que Hitchins (2008) identifica pelo acrônimo POETIC: Políticos, Organizacionais, Econômicos, Tecnológicos, Inerciais e Culturais;

- 3 **Identificar os sistemas implícitos:** Cada sintoma "implica"²¹ na existência de pelo menos um sistema implícito na situação do problema. Esses sistemas são abertos, adaptativos e interativos. São sistemas funcionais que devem

²⁰ As aspas são do texto original (HITCHINS, 2008).

²¹ As aspas são do texto original (HITCHINS, 2008).

existir para o sintoma apareça; o sintoma emergente sinaliza que algo está disfuncional em um sistema ou no conjunto que eles formam. É possível utilizar diagramas de *loop* causal e figuras ricas para identificar esses sistemas;

- 4 **Agregar sistemas implícitos, sintetizando sistemas contenedores:** Os sistemas implícitos são agregados formando conjuntos, um conjunto por sintoma. Cada conjunto é um sistema contenedor implícito. Este estágio do processo permite obter uma nova figura rica de toda a questão. HITCHINS (2008) sugere o uso de Diagramas N2 (LANO apud HITCHINS, 2003; HITCHINS, 2008) para se obter os agrupamentos, que podem gerar uma hierarquia de sistemas, destacando problemas relacionados à questão;
- 5 **Compreender a interação e desequilíbrios dos sistemas contenedores:** Avalia-se as interações existentes entre os sistemas contenedores, O processo de agregação pode revelar potenciais desequilíbrios nessas interações;
- 6 **Propor tratamento para desequilíbrio entre sistemas contenedores:** Pode ser necessário tratar os desequilíbrios identificados para neutralizar os sintomas. São utilizadas as diferenças entre o mundo ideal o mundo real para propor soluções sociotécnicas aos desequilíbrios encontrados. Neste passo também se utiliza Diagramas N2 e Diagramas de Interações de Sistemas (*Systems Interaction Diagram - SID*);
- 7 **Avaliar o impacto da proposta em todos os desequilíbrios dos sistemas, contidos e contenedores:** Conceber e testar tratamentos candidatos para verificar se, caso implementados, eles podem eliminar todos os sintomas identificados no passo dois, e todos os desequilíbrios do passo 6. Esses tratamentos também devem ser testados em relação a sua aceitação cultural pelas pessoas envolvidas na situação do problema;

8 **Nomear soluções potenciais:** Nomear um ou mais tratamentos sensatos e aceitáveis desde que exista um o que, segundo Hitchins (2008), não é garantido pelo método.

A figura 10 (adaptada de Hitchins, 2008, fig. 7.4 pg. 198, tradução do autor) apresenta de forma gráfica os passos do RSM.

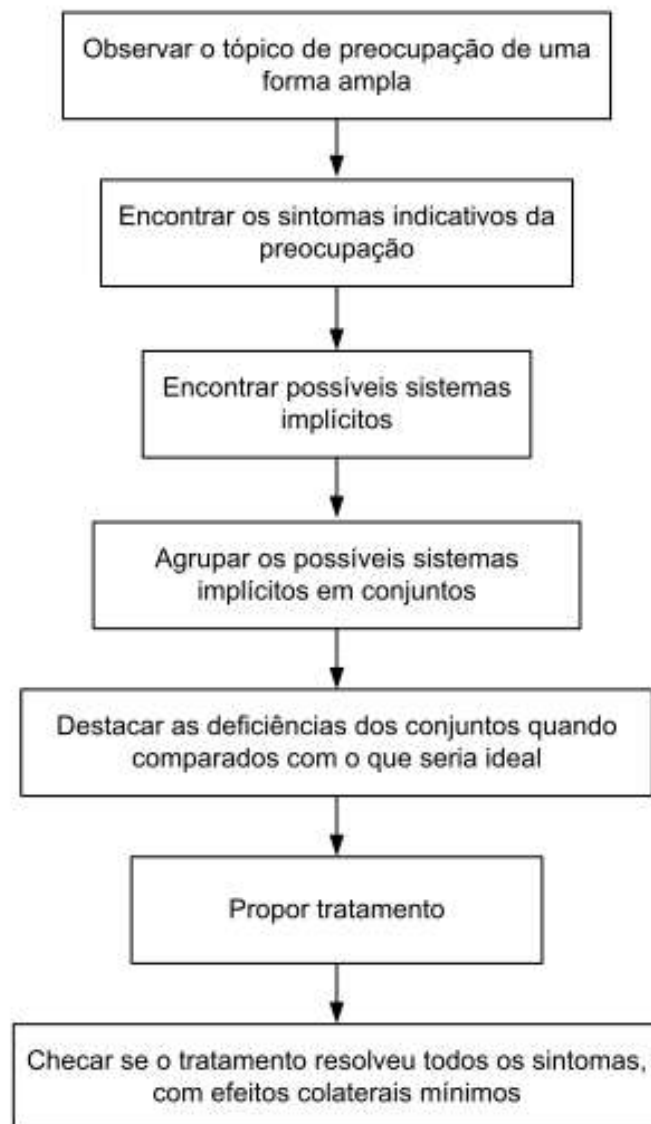


Figura 9 - Esboço do procedimento de diagnóstico.

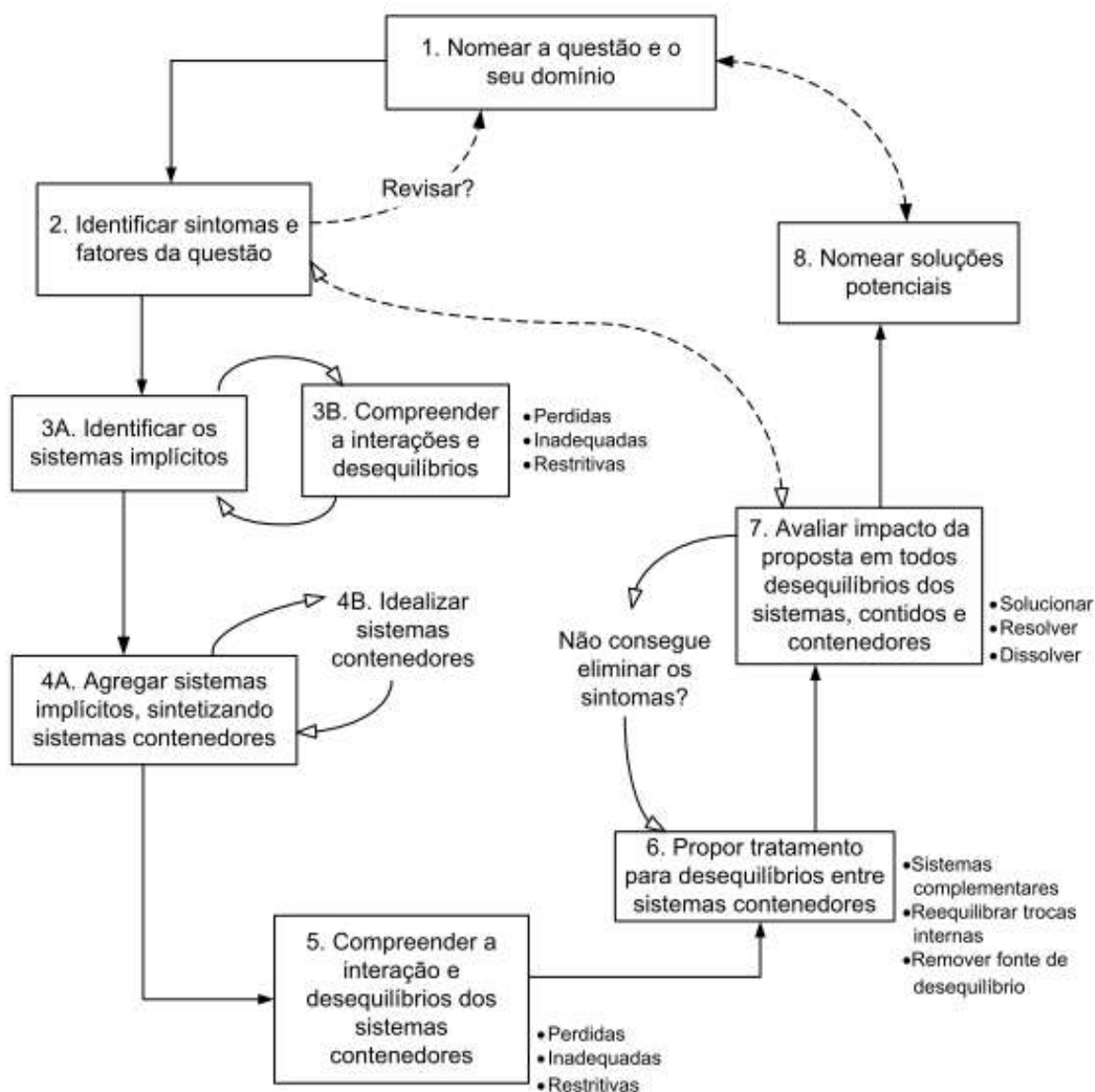


Figura 10 - Modelo conceitual do método soft rigoroso, visão do processo.

O RSM pode ser usado por uma pessoa ou por um grupo de trabalho. A qualidade do resultado é limitada pela qualidade das entradas, em particular pelo conhecimento e visão de quem está explorando a situação do problema e expondo os vários sintomas e fatores.

Trabalhar com os sintomas e disfunções de uma situação do problema permite a formulação de requisitos para o tratamento da questão; como efeito, o problema (mundo real) sugere sua própria solução (mundo ideal) (HITCHINS, 2008).

4.7 PERSPECTIVA PARA SELEÇÃO DE MÉTODOS CONSENSUAIS

A diversidade de pessoas envolvidas no desenvolvimento de um sistema é uma realidade com a qual a engenharia tem que conviver. Zhang (2007) argumenta que, mesmo sendo impraticável limitar essa diversidade nos processos da engenharia de requisitos, os métodos para identificar e tratar os requisitos está sobre o controle do engenheiro. Os métodos consensuais auxiliam o engenheiro no processo de levantamento de requisitos e permitem tratar as questões que emergem desse sistema devido à diversidade de seus componentes, contribuindo para a satisfação das pessoas em participar de processos que buscam o consenso sobre o problema a ser tratado pelo sistema, respeitando os aspectos humanos existentes.

Para identificar qual método utilizar, o engenheiro deve considerar sua experiência na aplicação do método e se o método fornece informações necessárias para as fases do ciclo de vida que ele pretende trabalhar. INCOSE (2006) afirma que os requisitos governam o desenvolvimento de um sistema como um todo, e que há fases no ciclo de vida que necessitam dos requisitos identificados na fase inicial do ciclo para auxiliar a definição mais completa ou o esclarecimento do escopo de suas atividades.

4.7.1 Perspectivas

Para comparar os métodos consensuais apresentados neste capítulo em relação às necessidades das fases seguintes do ciclo de vida de um sistema, é utilizado modelo de ciclo de vida proposto por Kossiakoff e Sweet (2003). Esse modelo foi elaborado a partir de três diferentes normas de modelos de ciclo de vida de sistemas:

- Modelo do Departamento de Defesa Americano (*Department of Defense model* - DoD 5000);
- Modelo Internacional ISO/IEC 15288

- Modelo da Sociedade Nacional de Engenheiros Profissionais (*National Society of Professional Engineers model - NSPE*).

Os três estágios que compõem o modelo de Kossiakoff e Sweet estão apresentados no capítulo anterior. As fases desses estágios que necessitam de informações da fase de levantamento de requisitos são as que pertencem aos estágios seguintes ao desenvolvimento conceitual. A tabela 2 apresenta cada uma dessas fases evidenciando suas atividades, seus propósitos e necessidades ou entradas.

	Atividade Principal	Propósitos	Entradas
Desenvolvimento Avançado	Redução do risco	Identificação e redução de fatores de riscos para o desenvolvimento	Especificação funcional do sistema e conceito do sistema definido
Projeto de Engenharia	Construção dos componentes	Assegurar que os componentes estão implementados e atendendo fielmente aos requisitos	Especificação de projeto do sistema e modelo de validação do desenvolvimento
Integração e Avaliação	Integração dos componentes	Assegurar que todas as interfaces estão adequadas e que as interações entre os componentes estão compatíveis com os requisitos funcionais	Testes e Plano de Avaliação
Produção	Processo de produção	Diagnosticar fontes de problemas de produção e encontrar soluções efetivas	Especificação de produção e sistema de produção
Operação e suporte	Suporte logístico	Programas de treinamentos contínuos para operadores do sistema e pessoal de manutenção	Documentação de operação e manutenção e o sistema instalado e operacional

Tabela 2 - Fases do ciclo de vida após o estágio de desenvolvimento conceitual.

A tabela 3 apresenta uma perspectiva de avaliação dos métodos em relação às fases do modelo de ciclo vida apresentadas na tabela 2. Essa perspectiva foi elaborada considerando o quanto um método contribui para uma fase do ciclo de vida de acordo com as necessidades dessa fase. Na primeira célula da coluna esquerda está o critério de classificação dos métodos, no restante da coluna estão as fases do ciclo de vida e na linha superior estão os métodos.

<p>+++ : Método fornece elementos para as necessidades da fase e fornece meios para lidar com eles; ++ : Método fornece elementos para as necessidades da fase, mas de forma não tão forte como o anterior; + : Método fornece elementos para as necessidades da fase, mas de forma fraca ou indireta; - : Método não fornece elementos para as necessidades da fase.</p>	Brainstorming	Técnica de Grupo Nominal	Escrita de Idéias	Análise e Estruturação de Modelos (ISM)	Metodologia de Sistemas Soft (SSM)	Método Soft Rigoroso de Hitchins (RSM)
Desenvolvimento Avançado	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Projeto de Engenharia	++	++	++	+++	++	+++
Integração e Avaliação	-	-	-	+	++	+++
Produção	++	++	++	-	++	+++
Operação e suporte	-	-	-	+	+	+++

Tabela 3 - Tabela para seleção de método consensual de acordo com a contribuição para cada fase do ciclo de vida.

A tabela 3 é mais ilustrativa da situação de contribuição do método para uma fase do ciclo de vida do que abrangente, ela baseia-se em conclusões empíricas da experiência do autor em utilizar esses e outros métodos, inclusive métodos não consensuais. Ela fornece um prático ponto de partida para organizar a escolha do método consensual para o processo de levantamento de requisitos.

Cabe ressaltar que Hitchins (2008) classifica o seu método como rigoroso não por utilizar um formalismo ou um rigor matemático. Segundo aquele autor, o rigor se estabelece ao sugerir ferramentas e abordagens em cada um dos passos de seu método enquanto Checkland não esclarece que procedimentos são utilizados para se alcançar os objetivo de cada passo no SSM.

5 PROVA DE CONCEITO

Na perspectiva de comparação dos métodos consensuais realizada anteriormente, o método que fornece mais informações para as fases seguintes ao levantamento de requisitos no ciclo de vida de um sistema é o RSM de Hitchins. Sendo um método consensual, ele promove o consenso entre as pessoas sobre os requisitos dos sistemas de modo que as pessoas se sintam acolhidas pelo processo. Naturalmente, como Hitchins (2008) argumenta, as pessoas que se sentem insatisfeitas com essa abordagem são aquelas que não têm interesse em um consenso, são pessoas que desejam sempre impor a sua visão de mundo.

Como prova de conceito, utiliza-se o RSM no levantamento de requisitos de um sistema sociotécnico: e-infraestrutura para uma Unidade ALCUE. Também é avaliado se os requisitos levantados podem contribuir para as outras fases do ciclo de vida, de acordo com a perspectiva de comparação dos métodos consensuais.

5.1 A QUESTÃO E O SEU DOMÍNIO

O KNOMA está criando uma Unidade ALCUE e deseja desenvolver e manter uma e-infraestrutura que suporte essa Unidade.

Como ocorre na prática da engenharia, a demanda chega ao engenheiro através de termos que são do conhecimento das pessoas envolvidas com a situação do problema, e que muitas vezes o engenheiro ainda desconhece.

5.1.1 Questão

A preocupação sobre a e-infraestrutura que se deseja desenvolver e manter é determinar o que precisa ser feito. Contudo, isso depende dos recursos que serão necessários para a Unidade ALCUE, que não estão claros.

5.1.2 Domínio

O Laboratório de Engenharia do Conhecimento (KNOMA) é um laboratório de pesquisa do Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais (PCS) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) e atua como parceiro em projetos patrocinados pela Comissão Européia, dentre eles o Vertebralcue do programa de cooperação externa da Comissão Européia ALFA III.

Cada parceiro desse projeto deve desenvolver e implementar uma Unidade ALCUE, incluindo o estabelecimento de seus princípios, modelo estrutural, funções, viabilidade, plano de ação, requisitos mínimos e critérios de avaliação (VERTEBRALCUE, 2010). As Unidades funcionarão de forma independente, contudo, devem estar interligadas como "vértebras" da infraestrutura do Vertebralcue, reforçando as redes acadêmicas de cooperação que já existem entre as instituições parceiras do projeto e oferecendo apoio estrutural a novas parcerias e redes.

Uma das demandas colocadas pela direção do projeto é que as Unidades ALCUE também funcionem como um centro de informação, divulgando informações sobre a sua instituição e sua região de atuação e recebendo informações das instituições parceiras para divulgação interna.

5.2 SINTOMAS E FATORES DA QUESTÃO

Os recursos de e-infraestrutura necessários a uma Unidade ALCUE dependem dos propósitos das pessoas que interagem com ela. Para identificar esses propósitos realizaram-se reuniões com diversos grupos de pessoas que têm interesse na Unidade ALCUE, utilizando documentações do projeto Vertebralcue e informações de cooperações acadêmicas existentes na Escola Politécnica²² e na Universidade de São Paulo²³.

²² < <http://www.poli.usp.br/CCInt/CCInt-Poli.asp> >

²³ < <http://www.usp.br/ccint/> >

5.2.1 Um sistema sociotécnico

A e-infraestrutura é um sistema sociotécnico, um sistema onde estão presentes pessoas, instituições sociais e tecnologia. A tecnologia nesse sistema não possui um propósito por si só, ela deve atender a os propósitos das pessoas e instituições que interagem com ela. A dificuldade em determinar os propósitos de uma Unidade ALCUE é identificada já na descrição do domínio da situação do problema. A relação existente entre Unidade ALCUE e redes acadêmicas de cooperação é uma evidência de que existem interesses de diferentes instituições e pessoas, entre elas: KNOMA, PCS, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo e outras instituições do projeto Vertebralcue. Essa variedade de instituições e pessoas, possivelmente com diferentes culturas, dificulta a identificação de objetivos específicos do sistema. Fatores dos componentes sociais de um sistema sociotécnico dificultam a determinação dos requisitos tecnológicos da e-infraestrutura.

5.2.2 Centro de Informações

A demanda para que uma Unidade ALCUE seja um centro de informações é vaga. Como um centro de informações ela deve gerar informações e divulgá-las, ou receber informações e publicá-las. Antes de definir como será recebida ou gerada uma informação, e como será disponibilizado o acesso a ela, é necessário identificar que informação é essa, isto é, identificar que informações são de interesse para as redes acadêmicas de cooperação. Para identificar esses tópicos de interesse se realizou uma sessão de *Brainstorming*, onde o tema de discussão foi: "Que temas relacionados à cooperação acadêmica você gostaria de conhecer?".

A lista de idéias sobre que informações seriam necessárias foi a seguinte:

- Equivalência de títulos entre instituições de ensino superior;
- Cursos de graduação oferecidos pelas instituições, incluindo informações sobre as disciplinas e grade curricular;

- Programas de formação aberta e continuada oferecidos pelas instituições;
- Educação a distância;
- Bolsas e financiamento de estudos e pesquisas nas instituições;
- Formação e qualificação do corpo docente e dos pesquisadores;
- Mobilidade e intercâmbio entre as instituições para o corpo docente, o corpo discente e pesquisadores.

A lista elaborada nesta sessão de *Brainstorming* não é definitiva, é uma primeira amostra do que um grupo de pessoas com interesse em uma Unidade ALCUE julga ser relevante neste momento do ciclo do tratamento do problema. A figura 11 apresenta o diagrama de *Brainstorming* que foi criado durante a sessão para auxiliar as pessoas a elaborar suas idéias. Diagramas foram utilizados em na sessão de *Brainstorming* para melhorar a associação e a comunicação das idéias.

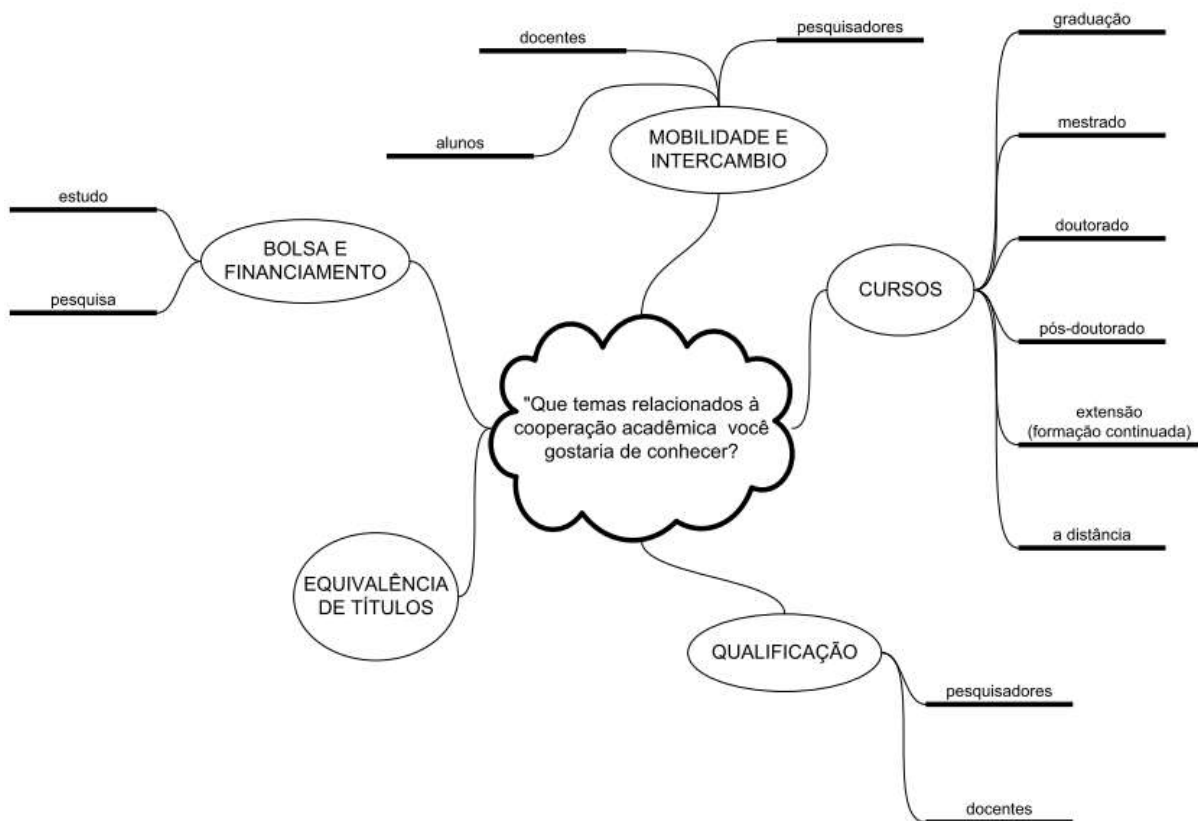


Figura 11 - Diagrama de *Brainstorming*

5.2.3 As relações

As informações geradas ou recebidas por uma Unidade ALCUE ocorrem dentro de um contexto onde há diversas instituições com interesses em cooperação acadêmica. Para identificar instituições que têm interesse tanto no acesso como no recebimento de informações relacionadas aos temas identificados no *Brainstorming*, utilizou-se a Técnica de Grupo Nominal. A primeira coluna da tabela 2 traz as instituições identificadas.

A lista de instituições participantes foi utilizada em uma nova sessão de trabalho para construir um organograma, isto é, construir uma hierarquia de instituições, indicando a existência de relações e quem fornece informação para quem, apresentado na figura 12. Nessa sessão foi utilizada a Análise e Estruturação de Modelo e, durante a sua execução, o grupo de trabalho decidiu agrupar as instituições de acordo com suas características, para facilitar a identificação de relações e interesses por informações. A tabela 2 apresenta o agrupamento realizado.

INSTITUIÇÃO	TIPO	CARACTERÍSTICA
Empresas Privadas	Financiadora	Instituições que fornecem bolsas e auxílios, financeiros ou não, para pesquisa científica e tecnológica.
Comissão Européia	Financiadora	
Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)	Financiadora	
Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP)	Financiadora	
Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo (FUSP)	Fundação de Apoio	Oferecem bolsas vinculadas a projetos de pesquisa e apoio institucional a projetos.
Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE)	Fundação de Apoio	
Universidade de São Paulo (USP)	Acadêmica	Pertencentes a estrutura USP
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP)	Acadêmica	
Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais da EPUSP (PCS)	Acadêmica	
Laboratório de Engenharia do Conhecimento do PCS-EPUSP (KNOMA)	Acadêmica	
Comissão de Relações Internacionais da EPUSP (CRInt-POLI)	Cooperação internacional	
Comissão de Cooperação Internacional (CCInt)	Cooperação internacional	
Unidades ALCUEs	Cooperação acadêmica	

Tabela 4 - Instituições com interesse em cooperação acadêmica.

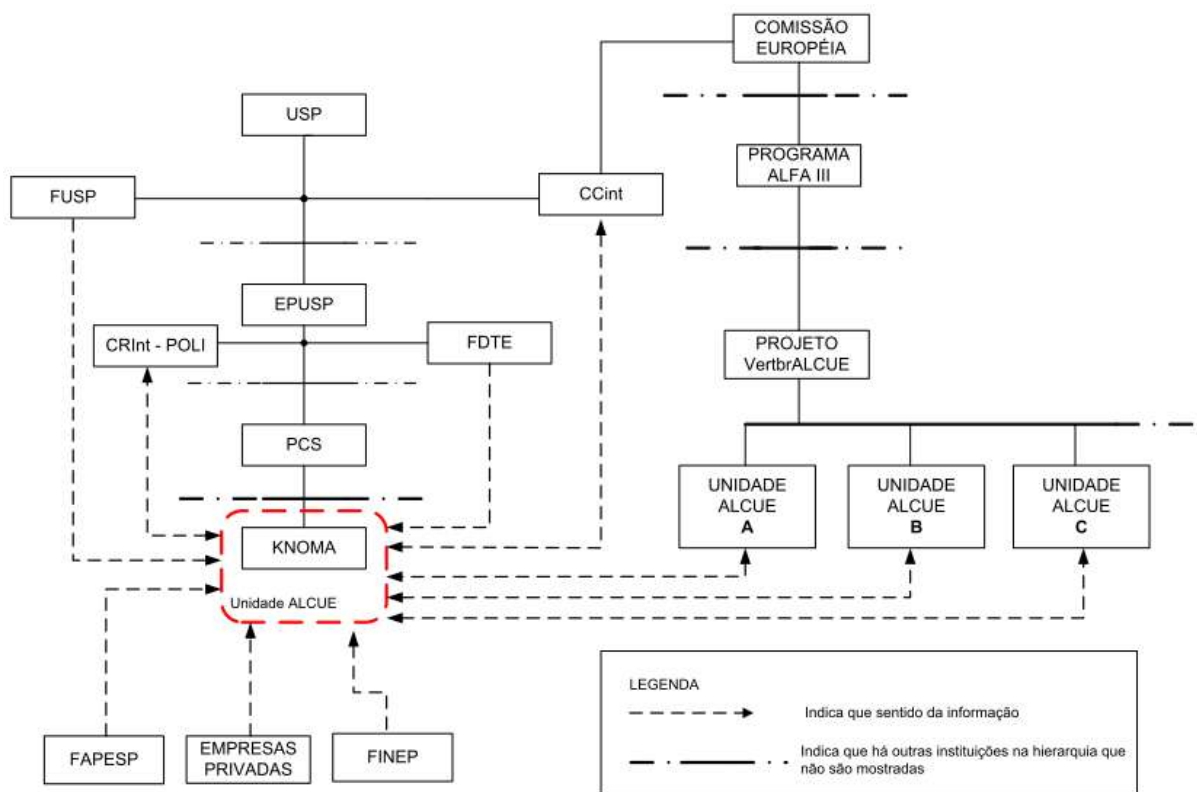


Figura 12 - Relações entre instituições com interesses em cooperação acadêmica.

5.2.4 Oportunidades, Ameaças, Pontos Fortes e Pontos Fracos

A preocupação em manter o sistema de e-infraestrutura para o suporte à Unidade ALCUE não está relacionada apenas aos recursos necessários para a Unidade operar de acordo com as necessidades que ela tem hoje. Considerar somente esses requisitos pode dificultar alterações ou evoluções que sejam necessárias no sistema como um todo para atender novas demandas.

Para identificar cenários futuros para a Unidade ALCUE foi utilizada a Matriz TOWS, uma ferramenta de análise situacional que, através da análise do presente, possibilita a formulação de uma estratégia para o futuro (WEIHRICH, 1982).

Em uma única sessão de trabalho foram identificados os fatores internos, os pontos fortes e fracos da Unidade ALCUE, e os fatores externos, que são as oportunidades e ameaças para a evolução da Unidade. A seguir foram estabelecidas as relações entre esses fatores. Os fatores identificados foram os seguintes:

- **Oportunidades:**

- O1. Fortalecer relações entre universidades;
- O2. Fortalecer relações entre universidades e sociedade;
- O3. Uso de conhecimento acadêmico para desenvolvimento e implantação de um centro de informação;
- O4. Acesso a infraestrutura de redes avançadas, como: rede Ipê da RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa) no Brasil, CLARA (Cooperação Latino America de Redes Avançadas) na America Latina e Géant na Europa;

- **Ameaças:**

- A1. Tendência de concentração de intercâmbios entre poucos países;
- A2. Sobreposição de atividades com outras instituições que já possuem sistemas de informação para a comunidade;
- A3. Existência de outras instituições responsáveis pela divulgação de acadêmica, bolsas, etc.;
- A4. Custos de manutenção da e-infraestrutura.

- **Pontos Fortes:**

- F1. Ponto de acesso que consolida informações de diversas instituições sobre redes acadêmicas de cooperação, intercâmbios, bolsas e financiamento de pesquisa;
- F2. Ser um local de divulgação permanente das principais políticas e projetos de cooperação acadêmica;
- F3. Promove a divulgação de contatos de institucionais das universidades Latino Américas e Européias, não apenas das instituições integrantes do projeto Vertebralcue;

- **Pontos Fracos:**

- D1. Articulação ineficiente entre as instituições que promovem cooperações;
- D2. Falta de conhecimento do real alcance dos atuais processos de cooperação e acordos existentes;

D3. Dificuldade para identificar necessidades emergentes e falta de agilidade em identificar programas de cooperação já existentes ou dar início a novas iniciativas que atendam essas necessidades.

Para estabelecer as relações entre os fatores identificados foi solicitado que se respondessem as seguintes questões para cada relacionamento:

- **Pontos Fortes X Oportunidades:** Como usar os pontos fortes para aproveitar as oportunidades existentes?
- **Pontos Fortes X Ameaças:** Como usar os pontos fortes para se proteger das ameaças?
- **Pontos Fracos X Oportunidades:** Como superar os pontos fracos para aproveitar as oportunidades?
- **Pontos Fracos X Ameaças:** O que fazer para superar os pontos fracos que não fazem frente às ameaças?

A tabela 5 apresenta a matriz TOWS obtida. Na matriz foi colocada apenas a essência das idéias, a seguir é apresentado o relacionamento entre os fatores externos e internos com um pouco mais de detalhes.

Matriz TOWS		Fatores Internos	
		PONTOS FORTES (S) F1. Consolida informações sobre cooperação, bolsas e financiamentos. F2. Local de divulgação permanente de políticas e projetos. F3. Divulgação de contatos de institucionais Latino Américas e Européias.	PONTOS FRACOS (W) D1. Articulação ineficiente entre as instituições. D2. Falta de conhecimento dos atuais processos. D3. Dificuldade para identificar necessidades emergentes e falta de agilidade.
Fatores Externos	OPORTUNIDADES (O) O1. Fortalecer relações entre universidades. O2. Fortalecer relações entre universidades e sociedade. O3. Uso de conhecimento acadêmico. O4. Acesso a infraestrutura de redes.	- Promover redes sociais que incentivem e comentem as informações (O2, O3, O4, F1, F2). - Elaborar redes temáticas para comunicação de resultados e troca de conhecimento (O1, O3, O4, F2, F3).	- Desenvolver redes sociais e temáticas para comunicação entre representantes das instituições (D1, D2, O1, O3, O4).
	AMEAÇAS (A) A1. Concentração de intercâmbios entre poucos países. A2. Sobreposição de atividades com outras instituições. A3. Existência de outras instituições responsáveis pela divulgação de informações. A4. Custos de manutenção.	- Manter contatos com instituições oferecendo espaço para divulgação de políticas de cooperação, bolsas e financiamento (A1, F1, F2, F3).	- Promover e coordenar a comunicação de resultados e a troca de conhecimento sobre projetos de cooperação acadêmica, formando uma grande rede de contatos para a promoção, desenvolvimento e exploração de redes de cooperação e intercâmbios (D1, D2, A1).

Tabela 5 - Matriz TOWS

- **Pontos Fortes X Oportunidades**

Os pontos fortes da Unidade ALCUE têm como base a Informação. Tanto pelo seu potencial de consolidar informações de diversas origens como pela capacidade de ser um local permanente para acesso a elas. Para isso é possível utilizar o conhecimento acadêmico para elaborar técnicas para organizar convenientemente a manutenção e o acesso à informação

A criação e divulgação de redes sociais que comentem as informações e incentive o acesso a elas pode fortalecer a relação entre as universidades e a sociedade. Toda a estrutura de comunicação da Unidade ALCUE pode usar a infraestrutura de rede que interliga diversas instituições de diferentes países.

- **Pontos Fortes X Ameaças**

Todos os pontos fortes da Unidade ALCUE devem ser utilizados para disseminar informação, contribuindo para que mais instituições conheçam as oportunidades de participar de redes acadêmicas de cooperação e de bolsas e financiamentos para intercâmbios. A Unidade ALCUE deve criar e manter contato com instituições oferecendo espaço para divulgação.

Não foi identificado como os pontos fortes podem ser utilizados em relação às ameaças que existem devido à sobreposição de atividades entre as instituições, em especial em relação a presença de outras instituições que divulgam informações semelhantes.

Também não se identificou como tratar a ameaça dos custos de manutenção, não se identificou como assegurar a sustentabilidade da Unidade ALCUE quando o projeto Vertebralcue terminar.

- **Pontos Fracos X Oportunidades**

O desenvolvimento de redes sociais e temáticas específicas para representantes de instituições pode tornar mais eficiente a relação entre as instituições, sendo uma forma de contato entre esses representantes e permitindo uma troca de conhecimento sobre os processos de cooperação acadêmica.

Por outro lado, apenas a existência de redes sociais e temáticas não garante agilidade na identificação de novas necessidades, nem agilidade no

tratamento dessas necessidades. Na situação atual não foi identificado nenhuma ação que permita superar esse ponto fraco para aproveitar oportunidades.

- **Pontos Fracos X Ameaças**

Criar uma rede de contatos para promoção, desenvolvimento e exploração de redes acadêmicas de cooperação e intercâmbios, promovendo e coordenando a troca de conhecimento sobre projetos de cooperação. Melhorar a troca de informações e divulgar conhecimento pode auxiliar a diminuir a concentração de intercâmbios entre as mesmas instituições. Não foi identificado como superar os demais pontos fracos frente as demais ameaças existentes.

5.3 SISTEMAS IMPLÍCITOS

Os sintomas e fatores implicam na existência de sistemas implícitos na situação do problema. A análise realizada até este ponto permite identificar as necessidades da Unidade ALCUE que indicam os sistemas implícitos que existem no sistema de e-infraestrutura.

Os sistemas implícitos são identificados por um engenheiro experiente através da análise e da síntese do conteúdo da figura rica e da Matriz TOWS (figuras 12 e tabela 5, respectivamente). Os sistemas identificados são:

- **Sistema para armazenar informações:** toda a informação obtida ou gerada deve ser armazenada de alguma forma para acesso posterior;
- **Sistema de suporte para divulgação estática:** sistema que permite o acesso à informação quando as pessoas desejam;
- **Sistema de suporte para divulgação dinâmica:** sistema que envia informação às pessoas interessadas em recebê-las;
- **Sistema de suporte às redes de relacionamento:** sistema que permite a construção e o funcionamento de redes sociais e temáticas;

- **Sistema para obter informações²⁴ da FUSP:** sistema que acessa uma interface na FUSP para obter informações;
- **Sistema para obter informações da FAPESP:** sistema que acessa uma interface na FAPESP para obter informações;
- **Sistema para obter informações de Empresas Privadas:** sistema que acessa uma interface na Empresa para obter informações. Pode existir um sistema para cada empresa que deseje divulgar as suas informações;
- **Sistema para obter informações da FDTE:** sistema que acessa uma interface na FDTE para obter informações;
- **Sistema para obter e enviar informações para o CRInt-POLI:** sistema que acessa uma interface na CRInt-POLI para enviar e obter informações;
- **Sistema para obter e enviar informações para o CCInt:** sistema que acessa uma interface na CCInt para enviar e obter informações;
- **Sistema para obter e enviar informações para outras Unidades ALCUE:** sistema que acessa uma interface em outra Unidade ALCUE para obter e enviar informações. Pode existir um para cada Unidade ALCUE que deseje receber as informações da Unidade ALCUE KNOMA e divulgar as suas informações.

5.4 SISTEMAS CONTENEDORES

O autor decidiu não utilizar nenhuma técnica especial de agrupamento para agregar os sistemas implícitos em conjuntos contenedores. Eles foram agrupados segundo padrões identificados em suas próprias características, de forma a se obter um conjunto por sintoma do sistema de e-infraestrutura para a Unidade ALCUE:

- **Sistema de armazenamento:** contém o sistema implícito:
 - Sistema para armazenar informações.

²⁴ Foram identificados sistemas implícitos que vão a fonte de informação para obtê-la. Outra possibilidade era ter sistemas que recebessem informações dessas fontes, que foi descartada pelo autor, pois a segunda opção envolve uma demanda de trabalho na instituição parceira.

- **Sistema de suporte a divulgação:** contém os sistemas implícitos:
 - Sistema de suporte para divulgação estática;
 - Sistema de suporte de divulgação dinâmica;
 - Sistema de suporte a redes de relacionamento;

- **Sistema para obter informações:** contém os sistemas implícitos:
 - Sistema para obter informações da FUSP;
 - Sistema para obter informações da FAPESP;
 - Sistema para obter informações de Empresas Privadas;
 - Sistema para obter informações da FDTE;

- **Sistema para obter e enviar informações:** contém os sistemas implícitos:
 - Sistema para obter e enviar informações para o CRInt-POLI;
 - Sistema para obter e enviar informações para o CCInt;
 - Sistema para obter e enviar informações para outras Unidades ALCUE.

Os sistemas identificados até o momento representam uma perspectiva sobre a situação do problema no mundo ideal, não significa que necessariamente eles serão projetados e implementados no mundo real. Também não significa que eles sejam os únicos sistemas existentes na situação do problema. Durante as fases seguintes do ciclo de vida do sistema podem surgir novos sintomas não determinados neste ciclo de execução do método, que podem levar a uma redefinição da questão ou ao surgimento de novas questões. A sequência de tratamentos a esses sintomas segue o conceito da espiral evolucionária comentada anteriormente.

5.5 INTERAÇÃO E DESEQUILÍBRIOS DOS SISTEMAS CONTENEDORES

As interações entre os sistemas contenedores sempre ocorrem quando há uma demanda relacionada à informação. Essas interações representadas na figura 13, onde a seta indica o sentido em que a informação está sendo enviada.

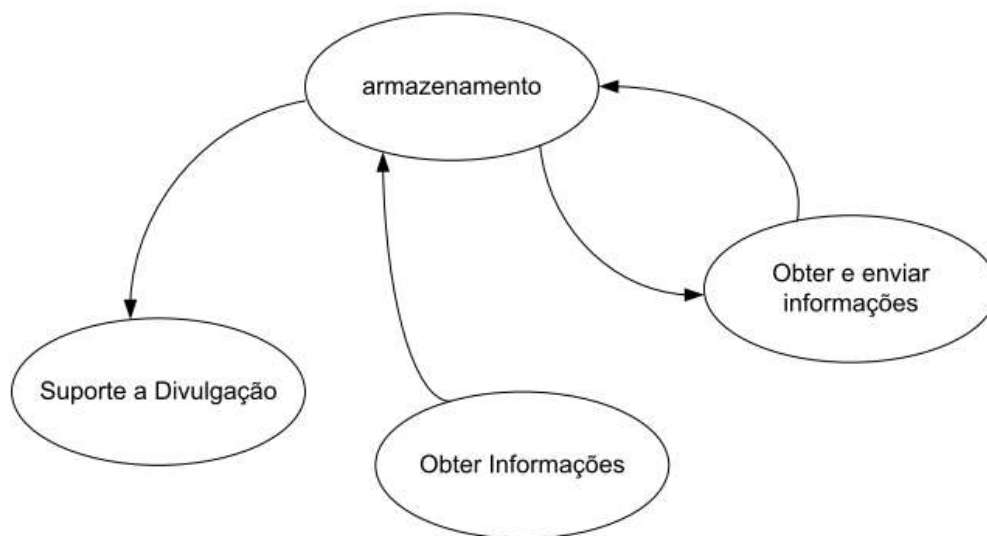


Figura 13 - Interação entre sistemas contenedores

Uma nova reunião com as pessoas com interesses na Unidade ALCUE foi realizada com a finalidade de avaliar as interações. Nessa reunião identificou-se:

- **Sistema de suporte a divulgação** contém o sistema implícito que dá suporte às redes de relacionamento. Esse sistema também gera informações que devem ser armazenadas.
- Dois sistemas contenedores distintos incluem sistemas implícitos de mesma característica: obter informação em uma instituição. Essa situação aparenta ser uma duplicação de sistemas, mesmo que as instituições de origem sejam de tipos diferentes, como identificado na tabela 2.

5.6 TRATAMENTO PARA DESEQUILÍBRIO E AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA PROPOSTA NOS SISTEMAS

Os novos sintomas identificados foram considerados em uma nova proposta, onde os sistemas contenedores: **Sistema para obter informações** e **Sistema para obter e enviar informações** foram unidos, restando apenas o sistema contenedor **Sistema para obter e enviar informações**, contendo os sistemas implícitos:

- Sistema para obter informações da FUSP;
- Sistema para obter informações da FAPESP;
- Sistema para obter informações de Empresas Privadas;
- Sistema para obter informações da FDTE;
- Sistema para obter e enviar informações para o CRInt-POLI;
- Sistema para obter e enviar informações para o CCInt;
- Sistema para obter e enviar informações para outras Unidades ALCUE.

Também foi considerado nas interações entre os sistemas contenedores que o **Sistema de suporte a divulgação** envia informações para **Sistema de armazenamento**, gerando informações que também podem ser acessadas posteriormente por esse mesmo sistema. Esse novo cenário está representado na figura 14, onde as setas indicam o sentido em que a informação está sendo enviada.

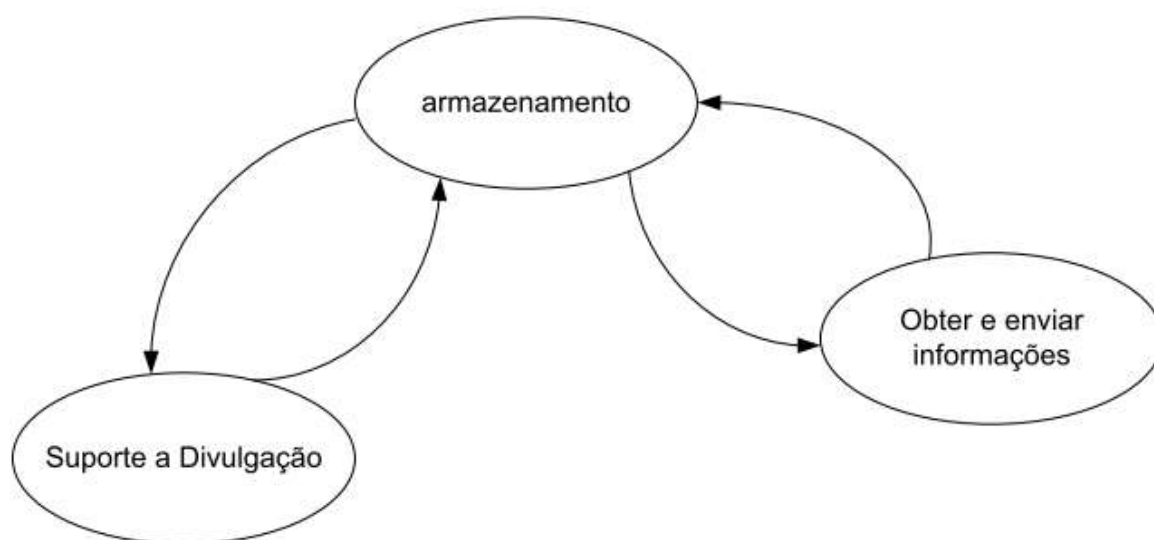


Figura 14 - Interação entre sistemas contenedores, após proposta de tratamento.

5.6.1 Impacto da Proposta

Armazenar e disponibilizar informações geradas por redes de relacionamento organizadas pela Unidade ALCUE não traz impactos ao sistema contenedor de armazenamento. Armazenar informação já era sua função original.

A junção dos sistemas contenedores pode trazer desequilíbrios aos sistemas internos do sistema resultante, pois diferentes instituições com as quais os sistemas implícitos se conectam podem trazer diferentes demandas de conexão. Contudo, nesta fase do ciclo de vida ainda é cedo para determinar com clareza esse cenário de dependência em relação às instituições e o "como" essa conexão será realizada. A duplicação de propósito de sistemas distintos foi resolvida.

5.7 SOLUÇÃO POTENCIAL

A e-infraestrutura que o KNOMA deseja desenvolver e manter para atender os recursos necessários para a sua Unidade ALCUE possui três sistemas contenedores que interagem sempre que há uma demanda relacionada á informação:

- Sistema de armazenamento:
- Sistema de suporte a divulgação:
- Sistema para obter e enviar informações

A interação entre esses sistemas está representada na figura 14, onde as setas indicam o sentido em que a informação está sendo enviada.

5.7.1 Contribuição para fases seguintes do ciclo de vida

O processo de aplicação do RSM identificou sintomas e tratamentos da questão sobre desenvolver e manter uma e-infraestrutura para a Unidade ALCUE do KNOMA. O RSM foi escolhido porque de acordo com a perspectiva apresentada anteriormente, é o método consensual que fornece mais informações para as fases seguintes ao levantamento de requisitos no ciclo de vida.

A tabela 6 apresenta as contribuições que a aplicação do RSM traz para as fases do modelo de ciclo de vida proposto por Kossiakoff e Sweet (2003).

	Atividade Principal	Propósitos	Entradas	Contribuição para a fase
Desenvolvimento Avançado	Redução do risco	Identificação e redução de fatores de riscos para o desenvolvimento	Especificação funcional do sistema e conceito do sistema definido	A figura rica (figura 12) e o conteúdo da Matriz TOWS (tabela 5) auxiliam no entendimento do conceito do sistema e de suas funcionalidades
Projeto de Engenharia	Construção dos componentes	Assegurar que os componentes estão implementados e atendendo fielmente aos requisitos	Especificação de projeto do sistema e modelo de validação do desenvolvimento	Os sistemas implícitos e contenedores e a figura rica (figura 12) auxilia a validação
Integração e Avaliação	Integração dos componentes	Assegurar que todas as interfaces estão adequadas e que as interações entre os componentes estão compatíveis com os requisitos funcionais	Testes e Plano de Avaliação	As relações entre os sistemas contenedores (figura 13), a figura rica (figura 12) e o conteúdo da Matriz TOWS (tabela 5) auxiliam o desenvolvimento do plano de testes e avaliação
Produção	Processo de produção	Diagnosticar fontes de problemas de produção e encontrar soluções efetivas	Especificação de produção e sistema de produção	As relações entre os sistemas contenedores (figura 13) e a figura rica (figura 12) auxiliam a identificação de dependências entre os sistemas, que pode determinar a ordem de produção de cada um, ou se podem ser produzidos ao mesmo tempo. Também fornecem elementos para especificar o que deve ser produzido
Operação e suporte	Suporte logístico	Programas de treinamentos contínuos para operadores do sistema e pessoal de manutenção	Documentação de operação e manutenção e o sistema instalado e operacional	A figura rica (figura 12) auxilia a documentar como o sistema deve operar

Tabela 6 - Contribuições para as fases do ciclo de vida.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O engenheiro de sistemas deve tomar muito cuidado durante todo o ciclo de vida de um sistema para não se tornar o líder desse sistema. Preocupação ainda maior ele deve ter na fase inicial do ciclo de vida, quando ele não está liderando pessoas em busca de um tratamento para os sintomas dos problemas identificados, mas sim aprendendo a escutá-las, entendendo a situação do problema através do que aprende com elas. Entendendo o domínio da situação do problema o engenheiro, que por formação e experiência conhece o domínio tecnológico, pode propor tratamentos que solucione, resolva e dissolva os sintomas do problema. Para auxiliar o engenheiro nesse propósito, este trabalho aborda o uso de métodos consensuais no levantamento de requisitos, que além de auxiliar no entendimento dos sistemas eles permitem reduzir as insatisfações das pessoas envolvidas nesse processo e respeitar as dimensões humanas e sociais e contribuem para algumas das demais fases do ciclo de vida do sistema.

Segunda a perspectiva adotada neste trabalho, o RSM de Hitchins é método que mais contribui para as fases seguintes do ciclo de vida, mas cabe ressaltar que ele, assim como o SSM de Checkland, não é especificamente uma técnica de levantamento de requisitos. Eles foram desenvolvidos pelos seus autores para ajudar a aplicar o pensamento sistêmico soft no tratamento de problemas, sendo que o SSM foi elaborado para tratar problemas dentro de organizações e o RSM elaborado como sendo a primeira fase de uma metodologia de sistemas proposta por Hitchins para o desenvolvimento de sistemas. . Contudo, eles são utilizáveis pela engenharia de requisitos devido à amplitude da perspectiva que criam, permitindo ao engenheiro desenvolver a visão sobre um problema, especialmente em relação aos sistemas sociotécnicos, considerando pessoas, procedimentos, políticas, hardware, software, etc.

6.1 CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS

Este trabalho apresenta uma perspectiva que permite a escolha de um método consensual considerando as fases seguintes ao levantamento de requisitos do ciclo de vida do sistema, objetivo geral deste trabalho. Para cumprir este objetivo foi necessário cumprir um dos objetivos específicos do trabalho, levantar definições e conceitos encontrados na literatura para engenharia de sistemas, teoria geral de sistemas e pensamento sistêmico, com a preocupação de expor a dimensão humana no enfoque dado por eles.

A prova de conceito utilizada para alcançar o objetivo geral permitiu alcançar o segundo objetivo específico, auxiliando o grupo do KNOMA na compreensão das necessidades de recursos de sua Unidade ALCUE.

6.2 CONTRIBUIÇÕES

Ao tratar o levantamento de requisitos de um sistema como um sistema de atividades humanas, busca-se aumentar a qualidade dos requisitos identificados e, quando do sistema pronto, que não ocorra uma discrepância entre os recursos esperados e os percebidos pelas pessoas que se relacionam com o sistema.

No caso da e-infraestrutura para a Unidade ALCUE, a diminuição da discrepância entre os recursos esperados e o percebido contribui para o aumento da qualidade dos recursos, das facilidades e serviços que são disponibilizados para as comunidades educacionais e de pesquisadores do mundo.

6.3 TRABALHOS FUTUROS

Hitchins (2008) argumenta que os termos soft e hard podem ser vistos como extremos de um espectro de entropia de um sistema, onde soft corresponde a uma

grande desordem, ou alta entropia, e hard corresponde a uma alta ordem, ou baixa entropia. Neste contexto, os processos e métodos da engenharia de sistemas têm o objetivo de levar o sistema de uma situação de desordem para uma situação de ordem. Primeiro, utilizando métodos do pensamento sistêmico soft para trazer certo grau de ordem à situação do problema e então, utilizando métodos apropriados para progressivamente aumentar a ordem, alcançar um ponto onde o projeto de engenharia e a solução podem se manifestar.

Este trabalho apresenta o uso dos métodos consensuais em reuniões de trabalho com pessoas que possuem interesse na solução de um problema, trazendo ordem a uma situação em que as necessidades ou especificações do problema ainda não eram entendidas. Este trabalho se concentrou no início das atividades para o desenvolvimento de um sistema, a primeira fase de um ciclo de vida, restando ainda toda uma vida de um sistema a ser estudada.

Sugere-se como continuidade deste trabalho a abordagem das demais fases do ciclo de vida de um sistema considerando a presença das pessoas nessas fases. Construindo uma metodologia de sistemas que respeite o humano em todas as suas fases.

REFERÊNCIAS

ACKOFF, R. L. **Redesigning the Future: a Systems Approach to Societal Problems**. New York: John Wiley and Sons, 1974, 260p. ISBN: 9780471002963.

ACKOFF, R. L. **Creating the corporate future: plan or be planned for**. Nova York: John Wiley and Sons, 1981, 297p. ISBN: 9780471090090.

ACKOFF, R. L. Systems, Messes and Interactive Planning, In: TRIST, E.; EMERY, F.; MURRAY, H. **The Social Engagement of Social Science: A Tavistock Anthology: The Socio-Ecological Perspective**. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1997, vol. 3. pp 417-438. ISBN: 9780812281941. Disponível em: < <http://www.moderntimesworkplace.com/archives/ericssess/sessvol3/sessvol3.html> >. Acesso em: 02 mai. 2009.

AULETE, C. **Dicionário Caldas Aulete da Língua Portuguesa - Edição de bolso**. L&PM Editores, 1ª Edição, 2009, 1072p. ISBN: 9788525418548.

ADAMS, K. MacG.; MUN, J. H. **The Application of Systems Thinking and Systems Theory to Systems Engineering**, In: Proceedings of the 26th National ASEM Conference: Organizational Transformation: Opportunities and Challenges. Oct. 2005. Pages: 493-500. American Society for Engineering Management, Rolla, MO, USA, Disponível em: < <http://www.asem.org/conferences/2005conferenceproceedings/91.pdf> >. Acesso em: 10 abr. 2009.

ANDRADE, A. L. et al. **Pensamento Sistêmico: Caderno de Campo**. Porto Alegre: Bookman, 2006, 488 p. ISBN: 8536307005.

BELIEF II. União Européia. Apresenta o projeto BELIEF II, seus objetivos e principais atividades. Disponível em: < <http://www.beliefproject.org/project-overview> >. Acesso em: 30 jan. 2010.

BELLINI, C. G. P.; RECH, I.; BORENSTEIN, D. **Soft Systems Methodology: uma aplicação no "pão dos pobres" de Porto Alegre**. RAE eletrôn.: São Paulo, vol. 3, no. 1, Jun. 2004. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-56482004000100007&lng=en&nrm=iso >. Acesso em: 13 jan. 2010.

BERTALANFFY, L. von. **General System Theory: Foundations, Development, Applications**. New York: George Braziller, Revised Edition, 1976, 295 p., fifteenth paperback printing, 2006. ISBN: 978-0-8076-0453-3.

BOEHM, B. W.; PAPACCIO, P. N. **Understanding and Controlling Software Costs**, IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 14, No. 10, Oct. 1988, pp. 1462-1477.

BOULDING, K. E. **General Systems Theory - The Skeleton of Science**, Management Science, Vol. 2, No. 3, Apr. 1956, pp. 197-208. Disponível em: < http://iscepublishing.com/ECO/ECO_other/Issue_6_1-2_18_CP.pdf >. Acesso em: 01 set. 2009.

BROOKS, F. P. **No Silver Bullet Essence and Accidents of Software Engineering**, Computer, vol. 20, no. 4, pp. 10-19, Apr. 1987.

BRYL, V.; GIORGINI, P.; MYLOPOULOS, J. **Designing socio-technical systems: from stakeholder goals to social networks**. Requirements Engineering, Springer London, Vol. 14, n. 1, p. 47-70, Feb. 2009.

CAMPOLARGO, M. **eInfrastructure: Changing How Research is Done**. Communication Magazine, IEEE, Vol.42, no. 11, p 31-32, nov. 2004.

CHAPANIS, A. **Human Factors in Systems Engineering** New York: John Wiley & Sons, 1996. 352p. ISBN: 0471137820.

CHECKLAND, P. **Systems Thinking, Systems Practice**. London: John Wiley & Sons, 1981. 344p. ISBN: 0471279110.

CHECKLAND, P. **Soft Systems Methodology: a 30-year retrospective**. In CHECKLAND, P.; SHOLES, J. **Soft Systems Methodology in Action**. Chichester: John Wiley & Sons, 1990. 436p. ISBN 0471927686.

CHECKLAND, P. **From optimizing to learning: a development of systems thinking for the 1990s**. Journal of the Operational Research Society, vol. 36, no. 9, p. 757-767, 1985.

CHECKLAND, P.; SHOLES, J. **Soft Systems Methodology in Action**. Chichester: John Wiley & Sons, 1990. 436p. ISBN 0471927686.

CHRISTEL, M.; KANG, K. **Issues in Requirements Elicitation (CMU/SEI-92-TR-012, ADA258932)**. Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 1992. Disponível em: <<http://www.sei.cmu.edu/reports/92tr012.pdf>>, Acesso em: 18 jan. 2010.

CCE - COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS. EGEE-II, Project; BELIEF, Project; OMII-Europe, Project; DEISA, Project; Geant2, Project. **A guide to European flagship e-Infrastructure projects**. e-Infrastructure Unit; 2007. Disponível em: <<http://www.beliefproject.org/docs/European%20e-Infrastructures%20guide.pdf/view>>, Acesso em: 20 abr. 2009.

COMPUTING CASES. **A web site designed to help you teach ethical issues in computing**. Disponível em <<http://www.computingcases.org>>. Acesso em: 01 mai. 2009

DEKKER, S., W., A., **Ten questions about human error: a new view of human factors and system safety**. New Jersey: Laurence Erlbaum Associates, 2005, Routledge, 2005, 219 p., ISBN: 9780805847444;

DICIONÁRIO AULETE DIGITAL, **Dicionário Contemporâneo da Língua Portuguesa**. Versão virtual do Dicionário da Língua Portuguesa Caldas Aulete. Disponível em: <<http://www.auletedigital.com.br>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

FARO, L. F. A. T. **Técnicas para garantia de qualidade fim-a-fim em serviços de telecomunicações digitais**. 2007. 162p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FIADEIRO, J. L. **On the Challenge of Engineering Socio-Technical Systems**. In: Software-Intensive Systems and New Computing Paradigms. Heidelberg: Springer Berlin, v. 5380, p. 80-91, 2008. ISBN 9783540894360.

FIRESMITH, G. D. **Common Requirements Problems, Their Negative Consequences, and Industry Best Practices to Help Solve Them**, in Journal of Object Technology, vol. 6, no. 1, Jan.-Feb. 2007, pp. 17-33. Disponível em: <http://www.jot.fm/issues/issue_2007_01/column2 >. Acesso em: 30 mai. 2009.

FIRMINO, R.; DUARTE, F. **Cidade infiltrada, espaço ampliado: as tecnologias de informação e comunicação e as representações das especialidades contemporâneas**. Arqtextos. São Paulo. v. 096, p. 1-14, 2008. ISSN 1809-6298. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq096/arq096_01.asp>. Acesso em: 10 abr. 2009.

GAUSE, D.C.; WEINBERG, G.M., **Exploring Requirements: Quality Before Design**. Dorset House Publishing Co., 1989, 300 p., ISBN 0-932633-13-7.

GRADY, J., O., **System requirements analysis**. Academic Press, 2006, 455 p., ISBN 9780120885145.

HALL, A.D. **A Methodology for Systems Engineering**. Princeton, New Jersey: D. Van Nostrand Company, 1962. 478 p. ASIN: B000L9R3P0.

HALL, A.D. **Three Dimensional Morphology of Systems Engineering**. IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics, Vol. 5, No. 2, April 1969, pp. 156-160.

HITCHINS, D. K. **Putting System to Work**, New York: John Wiley & Sons, 1992. 324p. ISBN: 978-0471934267.

HITCHINS, D. K. **Systems Engineering: A 21st Century Systems Methodology**. Chichester: John Wiley & Sons, 2008. 528p. ISBN 9780470058565.

HOFMANN, H. F.; LEHNER, F. **Requirements Engineering as a Success Factor in Software Projects**. IEEE SOFTWARE, Vol. 18, 04, pp. 58-66, JULY/AUGUST, 2001.

HOLLNAGEL, E; WOODS, D.D. **Joint Cognitive Systems: Foundations of Cognitive Systems Engineering**. Boca Raton: CRC Press, 2005. 223p; ISBN 9780849328213

HOLTZBLATT, K.; BEYER, H.R., **Requirements Gathering: The Human Factor**. Communications of the ACM, vol. 38, no. 5 pp. 30-32, 1995.

HONOURS, E., C.; VALERDI, R., **Toward an Ontology for Measuring Systems Engineering Return on Investment**. In Systems and Software Cost Modeling Forum. Theme: Systems of Systems,

2005, Oct. 25-28. Los Angeles, Califórnia. Disponível em: < <http://csse.usc.edu/events/2005/COCOMO/presentations/OntologyforMeasuringSystemsEngineering.doc> >. Acesso em: 08 jul. 2009.

HOUWING, M; HEIJNEN P.W; BOUWMANS, I. **Socio-Technical Complexity in Energy Infrastructures - Conceptual Framework to Study the Impact of Domestic Level Energy Generation, Storage and Exchange**. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. October 8-11, 2006, Taipei, Taiwan.

HUGHES, T. P. **Human-Built World: How to think about technology and culture**. Chicago: The University of Chicago Press, 2005. 240p; ISBN 0226359344.

IEEE, **IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology**. IEE Standard 610.12-1990, New York, 1990. 84p.

INCOSE. Systems Engineering Handbook Development Team of the International Council on Systems Engineering (INCOSE). **SYSTEMS ENGINEERING HANDBOOK, version 3**. INCOSE-TP-2003-002-03, June 2006. Edited by Cecilia Haskins.

INCOSE, **Standards Working Group**. Página no portal do INCOSE do grupo de trabalho em normas de engenharia de sistemas. Disponível em: < <http://www.incose.org/practice/techactivities/standards.aspx> >. Acesso em: 25 jan. 2010.

JISC. Joint Information Systems Committee. **What is e-infrastructure?** Briefing paper May 2006, 2006. Disponível em: < http://www.jisc.ac.uk/media/documents/publications/einfrastructure_rtf.rtf >. Acesso em: 05 jan. 2009.

JORDAN, P. **Design Pleasure Products: An Introduction to the New Human Factors**, Boca Raton; CRC, 2002. 224p. ISBN 9780415298873.

KANO MODEL. Apresenta o modelo de Kano para três tipos de requisitos: Revelados, esperados e excitantes. Disponível em: < <http://kanomodel.com> >. Acesso em: 10 jan. 2010.

KIERAN, E. **A Mente Educada**. São Paulo: Bertrand Brasil, 1ª edição, 406 p., 2002. ISBN: 8528609170.

KLIR, G. J., **Facts of systems science**. New York: Springer, 2nd edition, 2001. 748 p., ISBN 978-0306466236.

KOSSIAKOFF A.; SWEET W. N. **Systems Engineering Principles and Practice**. Hoboken: John Wiley & Sons Inc., 488p., 2003. ISBN 9780471234432.

KOTONYA, G.; SOMMERVILLE, I. **Requirements Engineering: Processes and Techniques**. London: J. Wiley, 1998, 294p. ISBN 9780471972082.

KROES, P.A.; FRANSSSEN, M.P.M.; POEL, I.v.d.; OTEENS, M.M. **Engineering systems as hybrid, socio-technical systems**, In: Engineering Systems Symposium, March 29-31, 2004. Cambridge

Marriott, 2004. Disponível em: < <http://esd.mit.edu/symposium/pdfs/papers/kroes.pdf> >. Acesso em: 20 fev. 2009.

LAPLANTE, P., **Real-Time Systems Design and Analysis**, New York: Wiley, 2004, 528 p., ISBN 9780471228559.

MAIDEN, N., **Trust Me, I'm an Analyst**. IEEE Software, vol. 27, no. 1, pp. 46-47, Jan./Feb. 2010.

MATÉ, J. L.; SILVA, A. **Requirements engineering for sociotechnical systems**. London: Information Science Publishing, 2005, 373p. ISBN 9781591405078.

MAZUR, G. H.; BOLT, A., **Jurassic QFD**. In Transactions of the 11th Symposium on Quality Function Deployment, June 12-18, QFD Institute, Michigan, 1999.

NEMETH, C.P. **Human Factors Methods for Design: Making Systems Human-centered**. Boca Raton: CRC Press. 2004. 392p. ISBN: 0415297982.

MENDES, J. M. **Avaliação de serviços convergentes em ambientes heterogêneos**. São Paulo, 2007. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

NISSENBAUM, H. **How Computer Systems Embody Values**, Computer, vol. 34, no. 3, pp. 120, 118-119, Mar. 2001, doi:10.1109/2.910905.

OTTENS, M.; FRANSSEN, M.; KROES, P; VAN DE POEL, I. **Modelling infrastructures as socio-technical systems**. International Journal of Critical Infrastructures, 2006, Volume 2, No. 2/3, pp. 133-145.

OTTENS, M.; STUBKJAER, E. A socio-technical analysis of the cadastral system. In: ZEVENBERGEN, J.; FRANK, A.; STUBKJAER, E. **Real Property Transactions. Procedures, Transaction Costs and Models**. Amsterdam : IOP Press, 2008. ISBN 9781586035815.

POSER, H., **On Structural Differences Between Science and Engineering**. Philosophy and Technology, 1998, Vol. 4, Issue 2, pp. 81-93. Disponível em: < <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/SPT/v4n2/pdf/POSER.PDF> >. Acesso em: 20 jan. 2010.

ROBERTSON, S.; ROBERTSON, J., **Mastering the Requirements Process**. Boston: Pearson Education, Inc., 2006, 560 p. ISBN 0321419499.

SAMARAS, G.M.; HORST, R.L. **A systems engineering perspective on the human-centered design of health information systems**. Journal of Biomedical Informatics, 2005, No. 38, pp. 61-74.

SANDOM, C. **Human Factors for Engineers**. London: Institution of Electrical Engineers. 2004. 361p. ISBN: 0863413293.

SCHWARTZ, G.; PLONSKY, G. A., **Velho continente, conhecimento novo**. Folha de São Paulo, 8 de abr. 2009. Tendências/Debates.

SKYTTNER, L., **General systems theory: Problems, Perspectives, Practice**. New Jersey: World Scientific Publishing Company, 2nd edition, 2005, 524 p., ISBN: 9812564675.

SHANNON, C. E. **A Mathematical Theory of Communication**. In The Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656, July, October, 1948.

SHEARD, S. A.; LAKE, J. G. **Systems Engineering Standards and Models Compared**. In: Proceedings of the 8th International Symposium on Systems Engineering - INCOSE, jul. 26-30, 1998, Vancouver, British Columbia. Proceedings... Vancouver, 1998, pp 589--605.

SOARES, J. O. P.; **Especificação de Métodos de Desenvolvimento de Sistemas - Aplicação a Sistemas de Tempo Real**. São Paulo, 1986. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SOMMERVILLE, I. **Software Engineering**. Boston: Addison-Wiley, 2007, 840 p. ISBN: 9780321313799.

STANDISH GROUP. **The Chaos Report**. 1995. Disponível em < <http://www.standishgroup.com> >. Acesso em: 18 jan.2010.

STUART, A. Transforming systems engineering principles into integrated project team practice. Cranfield, 2008. Thesis (PhD) - Cranfield University. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/1826/3033> >. Acesso em: 30 jan. 2010.

SYDENHAM, P. H. **System Approach to Engineering Design**. Norwood: Artech House Publishers, 2003, 333p. ISBN: 1580534791.

TAGUE, N.R. **The Quality Toolbox**. 2nd Edition. Milwaukee, ASQ Quality Press, 2005, 559p. ISBN: 0873896394.

TRIST, E.; EMERY, F.; MURRAY, H. **The Social Engagement of Social Science: A Tavistock Anthology: The Socio-technical Perspective**. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1993, vol. 2, 712 p. ISBN: 9780812281934. Disponível em: < <http://www.moderntimesworkplace.com/archives/ericssess/sessvol2/sessvol2.html> >. Acesso em: 08 jul. 2009.

VERTEBRALCUE. União Européia. Apresenta o projeto Vertebralcue, seus objetivos e principais atividades. Disponível em: < http://www.vertebralcue.org/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=183&lang=es >. Acesso em: 30 jan. 2010.

VILLACRIZ RÉVOLO, J. L. **Diagnóstico Del Sistema Organizacional de um Instituto de Educación a Distancia**. Informe de Suficiencia (Ing.), Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería de Industrial y Sistemas. Lima, Peru, 2008. Disponível em: < <http://sistemigramas.wordpress.com> >. Acesso em: 5 jan. 2010.

WARFIELD, J. N. **Societal systems: planning, policy, and complexity**. New York: John Wiley & Sons, 1976, 490p. ISBN: 9780471015695.

WASSON, C. **System analysis, design, and development : concepts, principles, and practices**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2006, 818p. ISBN: 9780471393337.

WATSON, G. H.; CONTI, T.; KONDO, K., **Quality into the 21st Century: Perspectives on Quality and Competitiveness for Sustained Performance**. Milwaukee: ASQ Quality Press, Milwaukee, 2003.

WEIHRICH, H. **The Tows Matrix – A Tool for situational analysis**. Long Range Planning, Pergamon Press Ltd, Vol. 15, No. 2, pp. 54-66, April 1982.

WICKENS, D. C.; GORDON, S. E.; LIU, Y. **An introduction to human factors engineering**. New York: Addison Wesley Longman, Inc., 1997, 636 p., ISBN: 0321012291.

WRIGHT, J. T. C. **Análise e estruturação de modelos baseada em inferência lógica: objetivos para o Porto de Santos**. Revista de Administração da Universidade de São Paulo, São Paulo, vol. 30, no. 1, jan./mar. 1995. Disponível em: < <http://www.rausp.usp.br/download.asp?file=3001090.pdf> >. Acesso em 20 jan. 2010.

ZANDI, I. **Science and engineering in the age of systems**, presented at What is System Engineering?, Sept 19 2000. International Council on System Engineering (INCOSE). Disponível em: < http://www.incose.org/delvalley/Zandi_Paper.pdf >. Acesso em: 26 jun. 2009.

ZAVE, P. **Classification of research efforts in requirements engineering**. ACM Computing Surveys, Vol. 29, no. 4, 1997, pp. 315-321.

ZHANG, Z. **Effective Requirements Development – A Comparison of Requirements Elicitation Techniques**. In: Software Quality Management XV: Software Quality in the Knowledge Society, E. Berki, J. Nummenmaa, I. Sunley, M. Ross and G. Staples (Ed.). British Computer Society, 2007, p. 225-240. Disponível em:< <http://www.cs.uta.fi/re/rem.pdf> >. Acesso em: 8 jul. 2009.

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

- ALBUQUERQUE, J. P. de. **Aspectos sociotécnicos da computação contextualizando o desenvolvimento de sistemas de computação com o modelo Mikropolis**. Revista de Informática Teórica e Aplicada – RITA – vol. 14, p. 181-197. 2007. Disponível em: < http://www.seer.ufrgs.br/index.php/rita/article/view/rita_v14_n2_p181-197/3541 >. Acesso em: 02 mai. 2009.
- CSC – IT Center for Science. **Finnish research e-Infrastructure**. Strategy Memo, 2009. Disponível em: < <http://www.csc.fi/downloadPublication?uid=374734366e2c2d833f9b5974807e17f0> >. Acesso em: 30 mai. 2009.
- DORAN, T., **IEEE 1220: for practical systems engineering**. Computer, vol. 39, no. 5. Pp. 92-94, May 2006.
- FLANAGAN, M.; HOWE, D.; NISSENBAUM, H. **Values in Design: Theory and Practice**. In: HOVEN, J. van den; WECKERT, J. Information Technology and Moral Philosophy, Cambridge: Cambridge University Press, 2008. Disponível em: < <http://www.nyu.edu/projects/nissenbaum/papers/Nissenbaum-VID.4-25.pdf> >. Acesso em: 02 mai. 2009
- FOSTER, I.; KESSELMAN C. **The Grids: Blueprint for a New Computing Infrastructure**. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2004.
- MARTINEZ, M.L., **Um método de webdesign baseado em usabilidade**. São Paulo, 2002. 301p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- NIELSEN, J., **Usability Engineering**. Bostom: Academic Press Inc., 1993
- NISSENBAUM H. **The Cutting Edge: Values in the Design of Computer Systems Computers and Society**, ACM SIGCAS, Volume 28, issue 1. Mar. 1998 pp. 38-39.
- PREECE, J., ROGERS, Y., SHARP, H., **Interaction Design: beyond human-computer interaction**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- SAMARAS, G. M., HORST, R. L. **A systems engineering perspective on the human-centered design of health information systems**. *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 38, pp. 61-74, 2005.
- SOMMERVILLE, I.; SAWYER, P. **Requirements engineering: a good practice guide**. Chichester: John Wiley & Sons, 1997.
- SPINA, E.; Notas de aula da disciplina PCS 5751 - **Tópicos de Engenharia de Confiabilidade: Fatores Humanos em Projetos**. Ministrada pelo Prof. Dr. Edison Spina, na Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 3º período de 2007.

THOMAS, L. D. **Selected systems engineering process deficiencies and their consequences.**
Acta Astronautica, Volume 61, Issue 1-6, June-August 2007, Pages 406-415. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2007.01.005>>. Acesso em: 16 fev. 2009.

GLOSSÁRIO

Definição-raiz - Descrição sucinta de um sistema de atividade humana, capturando que captura uma visão dele.

Cooperação Acadêmica - Promove a formação de recursos humanos nas diversas áreas do conhecimento através de projetos conjuntos de pesquisa e intercâmbio científico entre equipes acadêmicas de diversas instituições de ensino superior e de pesquisa, contribuindo para a elevação da qualidade do ensino superior e da pós-graduação.

e-Infraestrutura (infraestrutura eletrônica) - Se refere tanto a infraestrutura de rede de comunicação que permite a comunicação entre computadores como aos próprios computadores organizados em redes que, em conjunto, constituem um grande poder computacional e de armazenagem de dados.

Figura rica - Representação gráfica que permite interpretar um problema. Resume uma situação real utilizando figuras que representam os componentes, idéias, relações, conexões influencias existentes na situação problema. Pode incluir elementos subjetivos que expressam dimensões humanas como emoções, aspirações, etc. É desenvolvida no estágio 2 do SSM.

Grade de computadores - Tipo de sistema computacional paralelo e distribuído que possibilita o compartilhamento, seleção e agregação de recursos computacionais autônomos e geograficamente distribuídos. Dependendo de sua disponibilidade, capacidade, desempenho, custos e requisitos de qualidade de serviço de seus usuários. Mais informações disponíveis em < <http://www.gridcomputing.com> >.

Método - Conjunto de regras e critérios que estabelecem uma forma precisa e repetível de atingir um objetivo. Fornece a técnica de como fazer.

Modelos Conceituais - Construções intelectuais construídas sobre a da definição-raiz de um sistema. Não descrevem diretamente o mundo real, mas podem ser validados usando lógica.

Patchwork - trabalho feito com retalhos de tecido, costurados entre si.

Processo - Roteiro que auxilia a atingir um objetivo. Possui uma seqüência de passos que fornece estabilidade, controle e organização as atividades.

Propriedade Emergente - É a propriedade que se torna aparente apenas quando todos os componentes de um sistema estão integrados, formando o sistema.

Teleologia - Segundo Dicionário Aulete Digital, 2010:

1 Fil. Ciência das causas finais, que se baseia na idéia de finalidade; ciência que admite a existência de uma causa primordial preestabelecida de todos os fenômenos, e a tendência deles para um fim necessário. *[No aristotelismo, essa finalidade para qual todo o universo se dirige, incluindo todos os seres existentes, é inalcançável de maneira plena ou permanente, posto que ela transcende à vida material. Já para o hegelianismo essa busca de uma finalidade pela humanidade, seja ela vista como um todo em seu processo histórico, ou em cada realidade particular, é a realização plena e factível do espírito humano]*

2 Doutrina que defende a idéia de que o mundo, a existência, é constituído de um sistema de relações entre meios e fins. *[P. opos. a positivismo]*

Teleológica - Segundo Dicionário Aulete Digital, 2010:

1 Fil. Ref. ou inerente a teleologia, ou a finalidade (teoria teleológica; ensaio teleológico).

2 Fil. Diz-se de argumento, conhecimento ou explicação que relaciona um fato com sua causa final.

Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) - Se refere ao conjunto de tecnologias disponíveis no setor da informática e no setor das telecomunicações que permitem comunicar e compartilhar a informação.