

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

**Edificações: Proposta de
Metodologia de Valores e
Desempenho**

Antônio Cleber Gonçalves Tibiriça



01800245

Dissertação submetida a
Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia.

Florianópolis
dezembro de 1988

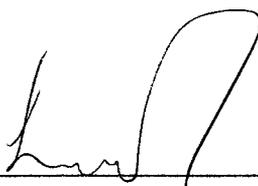
Edificações: Proposta de
METODOLOGIA DE VALORES E DESEMPENHO

ANTONIO CLEBER GONÇALVES TIBIRIÇA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção
do título de

MESTRE EM ENGENHARIA

na especialidade Engenharia de Produção e Sistemas e aprovada
em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação.

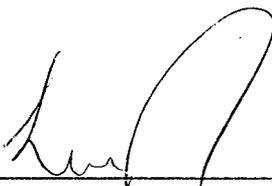


Prof. LUIZ FERNANDO MAHLMANN HEINECK, Ph.D.
Orientador

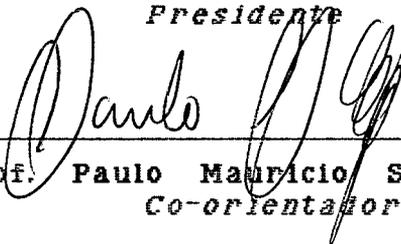


Prof. RICARDO MIRANDA BARCIA, Ph.D.
Coordenador do curso

Banca examinadora:



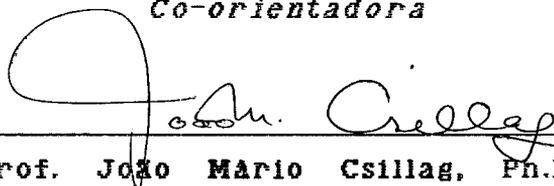
Prof. Luiz Fernando Mahlmann Heineck, Ph.D.
Presidente



Prof. Paulo Mauricio Sellig, M.Sc.
Co-orientador



Eng.ª Maria Angélica Covelo Silva, M.Sc.
Co-orientadora



Prof. João Mário Csillag, Ph.D.

A

minha esposa,

Marília, pelo amor e apoio
constantes

meus filhos,

Alvaro e Cristiano, fontes de
alegria

meus pais,

Messias e Maria, por minha
formação

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Luiz Fernando Mahlmann Heineck, sempre aberto, atencioso e ativo durante todo o seu período de orientação. Muito obrigado pelas sugestões e questionamentos: provocaram reflexões profundas e ajudaram a superar muitas barreiras. Agradeço-o, ainda, por todo o tempo e trabalho despendidos comigo.

Ao Professor Paulo Maurício Selig, que ofereceu a disciplina Análise de Valor, a qual acabou subsidiando o tema desta dissertação. Agradeço-o pelo apoio dado, particularmente na parte de Análise de Valores.

A Engenheira Maria Angélica Covelo Silva, pela paciência e acompanhamento no desenrolar desta dissertação. Agradeço-a pelo estímulo e dedicação e por auxiliar-me especialmente na parte de desempenho.

Ao Professor João Mário Csillag, sou grato por sua prestimosa e constante atenção as minhas solicitações, e pelas críticas e sugestões manifestadas sobre este trabalho.

A Professora Olga Regina Cardoso, pelas trocas de idéias, críticas, sugestões e incentivo.

Aos colegas que no dia-a-dia dos nossos trabalhos partilharam um pouco do seu precioso tempo e deram a sua atenção ao crescimento do espírito de fraternidade.

As funcionárias Zelita e Margarete, da secretaria do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção pelo prestativo atendimento.

Aos Professores Renato José Abramo e José Natalino do Nascimento, da Universidade Federal de Juiz de Fora, a minha gratidão.

A Universidade Federal de Viçosa, em especial aos companheiros do Departamento de Engenharia Civil, por todo o incentivo e apoio para a realização desta dissertação.

A CAPES, pelo apoio financeiro sob a forma de bolsas de estudo.

SUMARIO

Lista das figuras.	viii
Lista dos quadros.	ix
Resumo.	x
Abstract.	xi
Capítulo I - O PROBLEMA EM PERSPECTIVA.	1
1.1 - Definições de termos e de abreviações.	1
1.2 - Formulação da situação-problema.	2
1.3 - Objetivos do estudo.	3
1.4 - Justificativa.	4
1.5 - Questões a investigar.	4
1.6 - Hipóteses.	5
1.7 - Pressupostos conceituais.	5
1.8 - Organização do restante do trabalho.	6
1.9 - Considerações adicionais sobre o uso dos conceitos de desempenho e de valor e limitações que devem ser superadas.	7
Capítulo II - INTRODUÇÃO.	9
2.1 - A Metodologia de Valores.	9
2.2 - A utilização do conceito de desempenho.	10
2.3 - Gerência de Produção e Engenharia de Produto.	11
Capítulo III - O PENSAMENTO SISTEMICO PARA A CONCEPÇÃO E PRODU- ÇÃO DE EDIFICAÇÕES.	14
3.1 - O produto edificação.	14
3.2 - O processo de produção de edificações.	15
3.3 - O pensamento sistêmico.	16
3.4 - A questão da hierarquia em abordagens sistêmicas.	18
3.5 - O gerenciamento do processo produtivo da edificação.	21

3.8 - O ciclo de vida e a concepção de modelos.	22
Capítulo IV - O CONCEITO DE DESEMPENHO: considerações metodológicas para a sua aplicação.	25
4.1 - O conceito de desempenho.	25
4.2 - O uso do conceito de desempenho.	26
4.3 - Definições.	28
4.4 - Identificação dos agentes ambientais relevantes e das necessidades dos usuários.	29
4.5 - Definição dos requisitos dos usuários.	31
4.6 - Determinação dos requisitos de desempenho.	33
4.7 - Determinação dos critérios de desempenho.	34
4.8 - Definição das propriedades em uso.	35
4.9 - Determinação dos atributos de desempenho.	37
4.10 - Efeitos do conceito de desempenho na indústria da construção.	37
Capítulo V - A metodologia de trabalho para ANÁLISE DE VALORES.	39
5.1 - Generalidades.	39
5.2 - Análise de Valores, Engenharia de Valores e Gerência de Valores.	39
5.3 - Metodologia de Valores.	40
5.3.1 - Componentes básicos da metodologia.	40
5.3.1.1 - Abordagem funcional.	40
5.3.1.2 - Técnicas de criatividade.	41
5.3.1.3 - Esforço multidisciplinar.	41
5.3.1.4 - Reconhecimento e contorno de bloqueios mentais.	42
5.3.2 - O conceito de valor.	42
5.3.2.1 - A equação do valor.	44
5.4 - Análise funcional.	45
5.4.1 - Função.	46
5.4.2 - Identificação e descrição de funções.	47
5.4.3 - Classificação das funções.	47
5.4.4 - Avaliação funcional.	49
5.4.5 - Diagramação FAST.	51
5.5 - O Plano de Trabalho.	51
5.5.1 - Etapas do Plano de Trabalho.	53

5.5.2 - Exemplos de planos para construções civis e instalações.	54
5.6 - Efeitos da MV na indústria da Construção Civil.	55
Capítulo VI - METODOLOGIA DE VALORES E DESEMPENHO: proposta para edificações.	58
6.1 - Base conceitual.	59
6.2 - O Plano de Trabalho.	60
6.3 - Subprocesso de investigação.	63
6.3.1 - Fase de preparação.	63
6.3.2 - Fase de instrução.	65
6.4 - Subprocesso de definição conceitual.	70
6.4.1 - Fase de orientação.	70
6.4.2 - Fase de avaliação de funções.	72
6.5 - Subprocesso de desenvolvimento.	75
6.5.1 - Fase de anteprojeto.	76
6.5.2 - Fase de julgamento.	78
6.5.3 - Fase análise crítica.	80
6.6 - Subprocesso de maturidade.	82
6.6.1 - Fase de detalhamento.	82
6.6.2 - Fase de implantação.	84
6.6.3 - Fase de monitoração.	85
6.7 - Considerações adicionais.	86
Capítulo VII- CONSIDERAÇÕES FINAIS.	88
7.1 - Sumário.	88
7.2 - Conclusões.	89
7.3 - Recomendações para futuros trabalhos.	91
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	93
Bibliografia suplementar.	99
ANEXO I: Diagramas FAST.	103

LISTA DAS FIGURAS

Capítulo III

- Figura 1 - Ciclo do sistema-edificação. 2

Capítulo III

- Figura 2 - Condicionantes do sistema. 14
- Figura 3 - Ciclo básico das atividades de produção do sistema-
-edificação ou de parte constituinte do sistema. 16
- Figura 4 - Características de organização do pensamento para a
abordagem de problemas. 18
- Figura 5 - Fluxo para detalhamento de modelos. 24

Capítulo IV

- Figura 6 - Fluxograma para uso do conceito de desempenho. 27
- Figura 7 - Modelo relacional, usuário/sistema-edificação, sugere-
rido por Cronberg¹⁰. 29

Capítulo V

- Figura 8 - Hexagrama característico dos valores. 43
- Figura 9 - Distinção da MV para as técnicas de redução de cus-
tos. 50

Capítulo VI

- Figura 10 - Evolução do Plano de Trabalho proposto para a Meto-
dologia de Valores e Desempenho. 62

Anexo I

- Figura 10 - Diagrama FAST¹¹ proposto por Ruggles. 104
- Figura 11 - Diagrama FAST proposto por Park-Wojciechowski. 105
- Figura 12 - Diagrama FAST proposto por Fowler-Snodgrass. 107

LISTA DOS QUADROS**Capítulo IV**

Quadro 1 - Necessidades dos usuários.	30
Quadro 2 - Lista de agentes ambientais atuantes na edificação..	32
Quadro 3 - Lista de propriedades em uso..	36

Capítulo V

Quadro 4 - Modelo de planilha para avaliação de funções.. . . .	49
Quadro 5 - Plano de Trabalho conforme DoD Handbook 5010 ²⁵	52

Capítulo VI

Quadro 6 - Desdobramento da Metodologia de Valores e Desempenho	61
---	----

RESUMO

Este trabalho visa ao desenvolvimento de uma metodologia voltada para a área de edificações, embasada nos conceitos de desempenho e de análise de valores.

A pesquisa desenvolvida consistiu em um estudo geral da Teoria dos Sistemas e da metodologia para Engenharia de Valores, e em um estudo específico do uso do conceito de desempenho na Construção Civil.

A assimilação do pensamento sistêmico e o entendimento dos conceitos de desempenho, função e valor são essenciais para que uma metodologia que englobe as suas características possa ser aplicada à engenharia do produto edificação e ao gerenciamento da produção de edifícios.

Pensando nisto é que nesta dissertação apresenta-se, como contribuição ao campo da produção de edificações no Brasil, um modelo sistêmico que possibilite fazer um tratamento conjunto do que hoje, isoladamente, é praticado como um trabalho de análise de valores ou como uma aplicação do conceito de desempenho em produtos da Construção Civil.

A montagem de um sistema de informações e a disponibilidade de uma base de dados facilitarão o emprego da metodologia aqui proposta. Isto é requerido face ao grande intercâmbio de dados e a constante necessidade de retroação das informações obtidas ao longo da aplicação da metodologia.

A estrutura metodológica proposta é um modelo para análise, desenvolvimento, implantação e acompanhamento do ciclo que envolve a vida de uma edificação.

ABSTRACT

NAS TIRAR
CÓPIA DESTA
FOLHA

This study aims at the development of a methodology in the area of building, based on concepts of performance and value analysis.

The research carried out consists of a general study of the Systems Theory and the Methodology of Value Engineering, as well as a specific study of the concept of performance in Civil Construction.

The assimilation of systematic thought and the understanding of the performance, function and value concepts are essential for the methodology which brings together their characteristics to be applied to the engineering of the building product and to building production management.

With these factors in mind, this dissertation presents, as a contribution to the field of building production management in Brazil, a systemic model which would make possible a joint treatment of all the above-mentioned factors to replace the current isolated studies of either value analysis on the one hand or the application of the concept of performance to Civil Construction products, on the other.

The assembling of an information system and the availability of a data base will facilitate the implementation of the methodology proposed here. This is demanded in view of the considerable interchange of data and the constant need for feedback of the information obtained throughout the application of the methodology.

The methodological structure proposed is a model for analysis, development, implementation and follow-up which comprise the life-cycle of a building.

O PROBLEMA EM PERSPECTIVA

Muito se tem ouvido e discutido a respeito da transitoriedade dos modelos econômicos aplicados no Brasil e dos inúmeros problemas resultantes em todas as atividades setoriais.

No meio de tantas atividades setoriais, encontra-se a Construção Civil. Nesta, em especial, surgem os problemas relacionados à produção de edifícios; aqui, cabe destacar as carências verificadas na construção de moradias e a insuficiência de edificações que dão suporte às atividades produtivas, notadamente no setor agropecuário.

Com o uso de técnicas multicriteriais, estas carências podem ser mais facilmente superadas. Para isto, devem ser desenvolvidos estudos que permitam o avanço de técnicas que propositem o cumprimento simultâneo dos fatores e objetivos que respeitam tanto o comportamento do sistema-edificação (desempenho do edifício e de suas partes) como a tudo aquilo que usuários e produtores estão dispostos a trocar para que as suas exigências sejam atendidas (problemas de valores).

Portanto, a necessidade de realização destas condições sob a mesma base conceitual, incita a uma reflexão profunda do papel da Construção Civil. Seus métodos e técnicas, seja do ponto-de-vista projetual, seja no aspecto da prática construtiva, requerem uma abordagem mais para a efetiva realização dos interesses do binômio usuários-produtores.

1.1. Definições de termos e de abreviações.

Os termos e abreviações usados devem ser entendidos como segue:

- Desempenho: comportamento esperado para a pressuposta vida útil de um determinado produto (sistema-edificação ou parte) ou para um processo de construção de edifícios (atividades isoladas ou agrupadas).
- Função: é toda e qualquer finalidade que um produto (ou parte sua) realiza, sob determinadas condições de exposição e critérios de desempenho, e torna possível a satisfação de usuário(s)/produtor(es).
- Valor: atributo que justifica a realização ou a obtenção de um produto para uso.
- ISO : International Organization Standardization.
- CIB : Conseil International du Bâtiment.
- IPT : Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S. A.
- NORIE : Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação.
- GT : Grupo-Tarefa, ou Grupo de Trabalho (equipe multidisciplinar).
- AV : Análise de Valor(es).
- EV : Engenharia de Valor(es).
- GV : Gerenciamento de Valor(es).
- MV : Metodologia de Valor(es).
- MVD : Metodologia de Valores e Desempenho.
- SAVE: Society of American Value Engineers.
- VDI: Verein Deutscher Ingenieure.

1.2. Formulação da situação-problema.

Tendo em vista as considerações anteriores, feitos contatos com profissionais de Engenharia e após um levantamento para investigar formas de como se tratam os problemas de desempenho e de valores (projetual e construtivamente), observou-se, em termos de pesquisas para a Construção Civil Brasileira, uma falta de integração dos fatores de desempenho com os de valores na análise do ciclo de vida do sistema-edificação (ou de partes deste sistema).

Esta integração exige um aprofundamento acentuado de estudos (que demandam longo prazo), para que se equacione, correta e conjuntamente, os conceitos de desempenho e de valores, concebidos segundo um ciclo sistêmico. A concepção segundo um ciclo sistêmico é uma importante consideração para



Figura 1 - Ciclo do sistema-edificação.

o processo de produção de edificações, devendo ser entendido como a realização do apresentado na Figura 1.

O tratamento conjunto destes dois conceitos sob um mesmo sistema para valores e desempenho pode, supõe-se, aumentar a eficiência do processo de produção de edificações (ou de suas partes), tanto ao longo do planejamento como na obtenção de uma solução física para o objeto de estudo. Para conseguir tal sistema, cabe, inicialmente, empreender um trabalho de aglutinação metodológica para os conceitos de valores e de desempenho, aplicados conjunta e funcionalmente; hoje, um e outro são abordados independentemente na Construção Civil.

Vem a propósito, portanto, encontrar opções capazes de combinar, adequadamente, as metodologias mais empregadas para valores e para desempenho, até mesmo como uma forma de transição dos modos de atuar e de pensar encontrados nos meios produtivos da Construção Civil. Vale ressaltar que muitas estratégias podem ser apresentadas para realizar, conjugadamente, o proposto pelas metodologias de valores e desempenho para aplicações em sistemas-edificações (ou partes).

Assim, o presente trabalho busca constituir-se em uma proposta inicial, desenvolvida em fases, cuja intenção é unificar sob o mesmo sistema de trabalho (cap. 6), as metodologias de desempenho (cap. 4) e para análise de valores (cap. 5).

Segundo este pensamento, procurar-se-á estabelecer uma sistemática geral, que seja flexível e possa ser adaptável às características do objeto a ser elaborado. A aplicação da sistemática proposta é feita por uma equipe multidisciplinar envolvida com o processo de produção de edificações.

1.3. Objetivos do estudo.

Embasados em um estudo sistêmico para os elementos da literatura e para as informações obtidas em contatos com profissionais (arquitetos, engenheiros projetistas, professores, engenheiros de obras, consultores), os objetivos do presente estudo são:

1. verificar as características próprias de cada metodologia: a de valores e a de desempenho;

2. investigar condições que possam propiciar relacionamentos entre as duas metodologias consideradas, sob o ponto-de-vista funcional;
3. propor o modelo básico para uma Metodologia de Valores e Desempenho a ser testada, na prática, na área de edificações.

1.4. Justificativa.

Com este trabalho procura-se dar uma contribuição ao modo de conduzir o processo de produção de edificações.

Ao se propor uma Metodologia de Valores e Desempenho, busca-se oferecer condições para um novo modo de trabalho. Com isto, espera-se que a base conceitual do modelo em proposição possa se tornar eficaz no auxílio às decisões técnicas e gerenciais, permitindo que se atue de forma racional, e não especulativa.

Conseqüentemente, este estudo visa à organização e geração de uma alternativa metodológica única para valores e desempenho, que possa funcionar como um elo de aproximação entre os envolvidos em trabalhos nestes temas.

A metodologia proposta neste trabalho visa não só a determinação das condições para se fazer uma análise conjunta de funções, custos e desempenho relacionados com a produção de edificações, mas também requer avaliações contínuas dos processos e produtos relacionados com o sistema-edificação.

Face ao grande relacionamento entre as áreas de Gerência da Produção e de Engenharia de Produto, espera-se com esta dissertação contribuir para o desenvolvimento destas áreas, notadamente a Engenharia de Produto, pouco explorada e carente de meios e esforços de produção científica no Brasil.

1.5. Questões a investigar.

Procurar-se-ão as similaridades entre as metodologias empregadas na utilização do conceito de desempenho e na análise de valor(es) e a possibilidade de combinar estas metodologias sob a mesma base conceitual, para a Construção Civil.

Sendo possível o desenvolvimento de uma metodologia conjunta para analisar valores e desempenho em edificações, caberá então delimitar as características que deverão guiar uma tal metodologia com vistas à produção de edificações.

1.6. Hipóteses.

O lançamento dos objetivos do estudo tem como premissa básica que uma metodologia de valores e desempenho pode ser perfeitamente aplicável ao processo de produção de edificações, sendo capaz de proporcionar/produzir resultados significativos na avaliação do sistema-edificação e suas partes.

Além disso, supõe-se que tal metodologia permitirá superar técnicas de uso corrente na Construção Civil, empregadas para análise e gerenciamento do processo produtivo de edificações.

As hipóteses derivadas da premissa básica são formuladas em suas formas nula e alternativa:

H_0 : A combinação dos tratamentos metodológicos para valores e desempenho, sob a mesma base conceitual, é possível e válida.

H_1 : H_0 é falsa.

1.7. Pressupostos conceituais.

Do exposto até aqui, ficam subjacentes os seguintes pressupostos:

- uma das formas de expandir os estudos de valores e desempenho no País, é difundir meios que possibilitem o emprego alternativo e conjunto destes dois conceitos, a partir da otimização dos recursos disponíveis, principalmente os recursos humanos;
- a metodologia em proposição, constitui-se em uma alternativa para trabalhar com valores e desempenho, tendo em vista a aplicação simultânea destes conceitos na otimização dos recursos disponíveis para o processo de produção de edificações; subentende-se, daí, que a validade efetiva de uma Metodologia de Valores e Desempenho (MVD) deverá se manifestar na avaliação dos resultados reais, os quais deverão se situar

praticamente conforme o que for identificado e o que for definido nos objetivos. Isto corresponderia, de fato, à realização das exigências de usuários e de produtores.

1.8. Organização do restante do trabalho.

O desenvolvimento do trabalho é o de uma pesquisa descritiva, apresentada de acordo com a metodologia científica. O procedimento adotado é o de conduzir uma investigação básica sobre os conceitos de valores e de desempenho. Cruzadas as informações daí resultantes, procura-se, então, de forma sistemática, realizar o objetivo final deste estudo: a proposição de uma Metodologia de Valores e Desempenho aplicável ao processo de produção de edificações.

Para a concretização das metodologias de valores e de desempenho sob a mesma base conceitual, recorre-se a uma revisão extensa e intensiva da bibliografia relacionada com os temas envolvidos.

Assim, a estrutura sobre a qual o trabalho se organiza compõe-se de sete capítulos. São eles:

Capítulo 1: o problema é apresentado e definido, os objetivos são expostos e justificados, as hipóteses são determinadas e, ainda, são descritos os pressupostos conceituais, a organização do trabalho e as limitações.

Capítulo 2: uma breve revisão sobre as áreas relacionadas com este trabalho é apresentada.

Capítulo 3: o uso do pensamento sistêmico para a concepção e a produção de edificações é o tema sobre o qual versa este capítulo. Aqui se abrigam as considerações mais gerais sobre o produto edificação, sob o ponto-de-vista da Teoria dos Sistemas. São apresentados os condicionantes para o processo produtivo da edificação, as características do modo de pensar sistêmico, as considerações para se proceder a uma divisão hierárquica e os aspectos para a concepção de modelos sistêmicos.

Capítulo 4: neste, apresenta-se um dos modos de abordar as questões relativas ao uso do conceito de desempenho, segundo a metodologia originária do CIB.

Capítulo 5: neste capítulo expõem-se os principais elementos envolvidos em um trabalho com a metodologia de valor(es). No desenvolvimento do capítulo, mostram-se os conceitos básicos que são o centro de atenção da MV: função e valor. A realização objetiva destes depende de como a equipe multidisciplinar (GT) conduz o Plano de Trabalho utilizado pela MV.

Capítulo 6: a proposta de uma Metodologia de Valores e Desempenho (MVD) é o assunto deste capítulo. Nele se delinea a forma de como se entende ser possível combinar valores e desempenho para a solução de problemas relativos à produção de edificações. A proposta desenvolve-se segundo dez fases, distribuídas ao longo de quatro subprocessos, procurando-se caracterizar cada etapa segundo as idéias gerais que devem regê-las.

Capítulo 7: o fechamento do trabalho ocorre neste capítulo, no qual são apresentados o sumário, as conclusões e as recomendações para trabalhos futuros.

1.9. Considerações adicionais sobre o uso dos conceitos de desempenho e de valor e limitações que devem ser superadas.

As questões de desempenho e de valores têm se revelado relevantes, sobretudo nos países desenvolvidos, o que os tem permitido conseguir substanciais avanços no gerenciamento dos processos tecnológicos inovadores, inclusive no campo da produção de edificações.

Os estudos de valores e de desempenho dependem de uma divulgação maior destes assuntos no meio profissional da Engenharia e da disposição dos profissionais qualificados em promover e atestar os resultados decorrentes do emprego destes conceitos.

Se o número de profissionais conhecedores destes conceitos é reduzido, então é preciso empreender uma ação racionalizadora e conjunta dos especialistas e das instituições, no sentido de expandir e otimizar as atividades de pesquisa sobre estes temas e transferir tecnologia. (Neste aspecto cabe observar, em especial, que a produção de habitações vem se dando à margem do conhecimento tecnológico existente, atestando a necessidade de transferência de tecnologia.)

Assim, quanto mais rápido um país em desenvolvimento como o Brasil, tomar conhecimento, adaptar e aplicar estes conceitos a sua realidade, menores serão as implicações e os desgastes para o crescimento de todos os setores envolvidos com o processo produtivo edificações.

Capítulo II

INTRODUÇÃO

2.1. A Metodologia de Valores.

A MV compreende uma série de técnicas de análise que direcionam as idéias desenvolvidas nos estudos de produtos, em termos de funções, ao invés de considerar as partes constituintes (componentes ou elementos).

Sob este enfoque, o conjunto de técnicas foi sistematizado e utilizado inicialmente por Lawrence D. Miles, em fins da década de quarenta, sob a designação de Análise do Valor (AV).

A partir da divulgação da AV, ela expandiu-se e consolidou-se nos EUA como uma poderosa técnica para resolução de problemas.

A divulgação, aceitação e uso da AV levou a criação da SAVE (Society of American Value Engineers), em 1959, a qual foi, inegavelmente, a grande responsável pela expansão, desenvolvimento e internacionalização desta metodologia. Em 1962, o Departamento de Defesa dos EUA passava a adotá-la oficialmente, sob a denominação de Engenharia de Valores.

Desde a sua divulgação, ela tem sido aplicada em inúmeros trabalhos de diferentes áreas, produzindo melhorias e economias significantes.

Fora dos EUA, a sua aceitação se deu notadamente em países como: Canadá, Inglaterra, França, Alemanha, Holanda, Itália, Japão, África do Sul, etc.

No Brasil ela foi introduzida em 1971, pela Mercedes-Benz. A partir daí diversas empresas têm procurado aplicá-la.

Em termos de Construção Civil, as principais contribuições têm sido dadas por:

- nos EUA: Dell'Isola^{22,23,24}, O'Brien⁴¹, Macedo/Dobrow/O'Rourke, Parker;
- no Canadá: Chutter, Charette, Bowen;
- na França: Litaudon³⁴, Urien, Janneteau/Duthu, Personne, Pinnard/Jouvent;
- na Alemanha Ocidental: Burchard;
- na Holanda: Diepeveen²⁶, Benes⁴;
- na Itália: Dandri²¹, Cannavo, Meregaglia, Niccolai;
- na Hungria: Szoke²¹;
- no Japão: Egushi, Baba³;
- na Polônia: Hadjuk;
- na Turquia: Aral²;
- na Austrália: Law³³;
- na Dinamarca: Pedersen⁴³;
- na Suíça: Csillaghy, Bonanomi/Antipas/Garnier/Troumbounis;
- na Inglaterra: Lemessany, Morris³⁹, Pollock⁴⁴.

Todavia, até aonde o autor desta tem ciência, em nenhuma parte da literatura pesquisada encontrou-se registro de trabalhos que usaram a MV, no Brasil, para construções civis.

2.2. A utilização do conceito de desempenho.

As pesquisas sobre o desempenho de materiais, partes constituintes de edifícios e dos próprios sistemas-edificação surgiram após a II Guerra Mundial. Naquela época, estudos sobre racionalização tiveram um grande impulso. A meta era reconstruir a Europa o mais rapidamente possível.

Entretanto, uma intensificação sobre as pesquisas nesta área só ocorreu com o surgimento da crise econômica mundial, no princípio dos anos setentas. A partir de então, tornou-se imperativo a racionalização dos custos em todos os níveis, assim como evidenciou-se a questão da qualidade a nível de projeto e de construção de edifícios.

Porém, decorridos tantos anos, ainda é acentuado o desconhecimento do conceito de desempenho nos meios acadêmicos e profissionais. Falta, como na MV, uma divulgação maior, além do natural desinteresse de muitos em incorporar as considerações relacionadas a este conceito ao processo de produção de edifícios; tais considerações exigem a integração de vários fatores influentes no comportamento global das edificações.

Por outro lado, os bons resultados decorrentes da prática deste conceito por aqueles que o têm considerado nos diversos campos de atividades em que vem sendo empregado, demonstra a importância que é preciso dar a este tema.

O seu uso se estende desde a seleção de novos materiais até a previsão de comportamento e de durabilidade para um produto, sob as condições de exposição a que provavelmente ficará sujeito no tempo.

O exame atento dos fatores requeridos em um estudo que leva em conta a questão do desempenho, repercute favoravelmente por ocasião da avaliação de desempenho, quando, então, percebem-se os seus efeitos, traduzidos em termos de significativas economias.

Muitas contribuições individuais e institucionais vêm se manifestando neste campo. Pode-se destacar, no exterior, as pesquisas e trabalhos de cunho institucional como os divulgados pelo CIE^{15,16} (Conseil International du Bâtiment), pelo RILEM (Reunion International de Laboratoires d'Essais et Recherches sur les Materiaux et les Constructions), pelo CSTC (Centre Scientifique et Technique de la Construction), pela ASTM (American Society for Testing and Materials), pelo Danish Building Research Institute, etc. Individualmente, podem ser citados os trabalhos de Parsons⁴², Schodeck⁴⁵, Camous⁴³, Blachere⁶, Harrison^{27,28,29}, etc.

No Brasil, trabalhos têm sido desenvolvidos a partir do final da década de setenta. Merecem destaques os esforços do NORIE (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação) na Universidade Federal do Rio Grande do Sul e os do IPT³⁰ (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.).

2.3. Gerência de Produção e Engenharia de Produto.

Em termos de produção, os estudos de valores e de desempenho estão diretamente relacionados às áreas de Engenharia de Produto e de Gerência de Produção.

A Engenharia de Produto é uma das áreas da Engenharia de Produção que se volta para a pesquisa e o desenvolvimento de produtos. No Brasil, a ênfase a ela é consequência da necessidade de minorar os problemas de dependência tecnológica e de vulnerabilidade do País neste setor.

A Gerência de Produção é uma outra área dentro da Engenharia de Produção que objetiva a pesquisa e o desenvolvimento de sistemas gerenciais. É uma área de fundamental importância para a Construção Civil, notadamente no que visa à superação das carências citadas na abertura do capítulo 1. Ao longo dos estudos bibliográficos requeridos por este trabalho, pôde-se perceber que muitos aspectos das metodologias abordadas nesta dissertação têm por base os conceitos gerenciais e sistêmicos abrangidos por esta área. No que diz respeito à produção de edificações, ainda está pouco explorada no Brasil.

A integração destas áreas proporciona melhores condições para o planejamento de componentes, do próprio produto ou ainda de algum processo de produção ligado a edificações.

Esta integração requer a compreensão e o pleno uso dos conceitos inerentes a valores e a desempenho. Isto é relevante na medida em que, na realidade da Construção Civil, deveria ocorrer um forte relacionamento entre usuários e produtores, principalmente nas fases de projeto e construção de edificações.

Por essa razão, é que se deve procurar levantar o maior número de aspectos relacionais para um contexto, otimizando-os para a obtenção de uma solução mais realista para o objeto de estudo. Tanto quanto possível e de forma abrangente, leva-se em conta tudo aquilo que interessa para a compreensão e o encaminhamento de todos os estágios seguidos, desde a identificação de alguma necessidade por um produto até a eliminação do mesmo.

É natural, portanto, que por ser o produto o elo comum a todos os estágios, que caiba à Gerência de Produção desenvolver um planejamento que o torne realizável, satisfazendo às necessidades dos envolvidos no processo produtivo de edificações. Neste aspecto, encontra-se em Cardoso^H o desenvolvimento de uma abordagem sistêmica voltada à Engenharia do Produto.

Por outro lado, acredita-se que a vinculação dos conceitos da MV e de desempenho, do ponto-de-vista de produção de edificações, possa ser uma outra forma de trabalho conjunto da Engenharia de Produto com a Gerência de Produção.

Tendo em vista a unificação de conceitos como desempenho, função e valor no campo específico da produção de edifícios, nos próximos capítulos procura-se apresentar as considerações tomadas como as ne-

cessárias e que devem ser levadas em conta para a obtenção do fim ao qual esta dissertação se destina.

O PENSAMENTO SISTÊMICO PARA A CONCEPÇÃO E PRODUÇÃO DE EDIFICAÇÕES.

3.1. O produto edificação.

Uma edificação é concebida para atender as necessidades dos seus usuários e, intermediariamente, as dos produtores. A figura 2 mostra os fatores condicionantes para a abordagem da edificação.

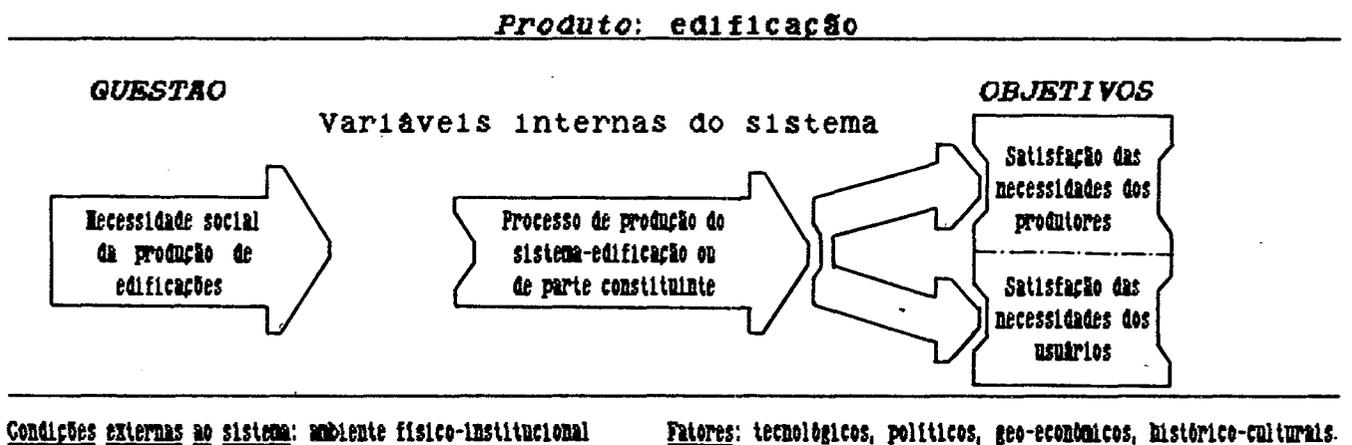


Figura 2 - Condicionantes do sistema.

Como um sistema, ela é eficientemente composta por um conjunto inter-relacionado de partes individualizadas, as quais são produzidas visando a compatibilidade entre elas e a flexibilidade do todo.

Conseqüentemente, estes dois conceitos (compatibilidade e flexibilidade) vêm a suplementar as definições das características físicas da edificação, usualmente abordadas de modo isolado. Isto permite estabelecer uma ligação mais estreita entre o projeto e a produção de partes constituintes e o projeto e a produção de toda a edificação, sendo este, portanto, o elo da sistematização da edificação.

Além disso, face às necessidades de inovação, o emprego do conceito de desempenho é outro instrumento indispensável para estudar a edificação e seu processo produtivo. Este conceito não limita a edificação a uma simples verificação de qualidade mas, fundamentalmente também, ele a amplia ao avaliar a efetiva necessidade social para se produzir um edifício.

3.2. O processo de produção de edificações.

Em seu trabalho, Bonin¹¹ comenta que o conhecimento existente sobre o desenvolvimento e a produção de edificações tem se manifestado notadamente como uma série descoordenada de tentativas aleatórias, antes que propriamente uma intervenção consciente sobre o fenômeno. Segundo o mesmo autor, isto provoca uma continua sub-utilização de recursos (tempo, mão-de-obra, capital), devido a manutenção de técnicas e procedimentos inadequados à dinâmica dos objetivos e condições ambientais (espaços geográfico e temporal determinados) em que se realiza o processo. Assim, conforme também descreve Mandolesi³⁵, com relações definidas entre si, o processo produtivo constitui-se de idéias e ações diretamente relacionadas à obtenção dos espaços onde as atividades humanas possam ser desenvolvidas e satisfeitas. Quer dizer, o sistema produtivo, como um todo complexo e qualificado por sua unidade, relacionamento funcional e propósito de utilidade, deve ser uma transformação clara e compreensiva da realidade, segundo métodos e procedimentos específicos.

Tradicionalmente, de acordo com John³¹, Bonin¹¹ e Mandolesi³⁵, o processo produtivo da edificação é realizado por um conjunto de participantes que apresentam grande inércia para incorporar alterações. Geralmente, o edifício não é padronizado ou produzido em série, mas um protótipo único, com características específicas. O seu processo de construção utiliza mão-de-obra intensiva, com baixa produtividade e, além disso, o produto edificação é volumoso, pesado, de longo tempo de uso e relativamente caro. Naturalmente, isto já determina a necessidade de intervenção sobre o edifício e seu processo construtivo, adotando-se enfoques que possibilitem, inicialmente, a compreensão interativa da sua realidade.

O uso da abordagem sistêmica no processo produtivo da edificação cria novas condições que possibilitam a implementação dos conceitos básicos de sistemas, o que envolve, necessariamente, a adoção de um

novo modelo metodológico, representativo do processo. A figura 3 é uma caracterização típica do ciclo básico das grandes atividades que compõem o processo produtivo do sistema edificação.

Processo de produção de edificações

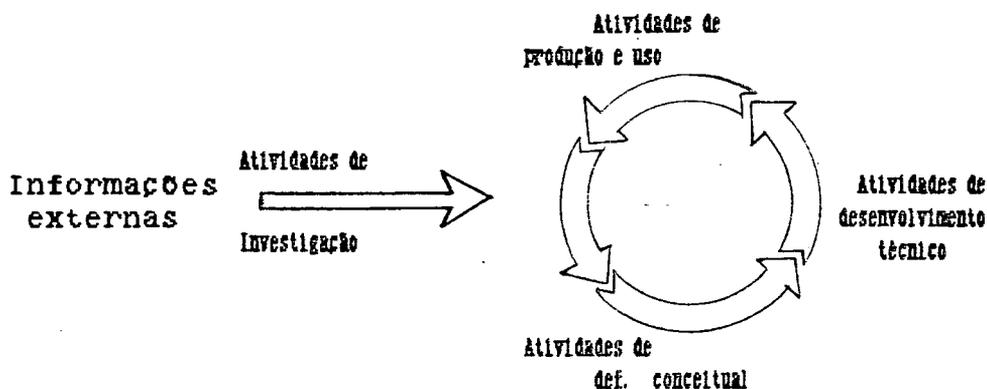


Figura 3 - Ciclo básico das atividades de produção do sistema-edificação ou de parte constituinte do sistema. (fonte: Bonin¹¹)

Uma nova forma de uso de metodologias sistêmicas já conhecidas, como a metodologia para análise de valores (MV) e a metodologia para utilização do conceito de desempenho, pode:

- permitir melhor compreensão e apreensão de suas próprias características;
- aumentar a receptividade às soluções que propõe e, conseqüentemente,
- desenvolver uma ação de planejamento mais racional e eficiente na realização dos objetivos do processo produtivo da edificação.

3.3. O pensamento sistêmico.

O uso integrado de conceitos como totalidade, organização e finalidade e os já citados no item 3.1 (o produto edificação) indica o emprego de pensamento sistêmico nas diversas etapas do processo produtivo e, conseqüentemente, apresenta variações em função da abordagem utilizada em cada uma das atividades que compõem o ciclo de vida da edificação. A consideração das atividades é a principal conseqüência da redefinição dos objetivos do processo produtivo da edificação, proposta pela abordagem sistêmica.

A abordagem sistêmica incorpora ao processo produtivo a avaliação de aspectos técnicos, humanos e sociais da ocupação e uso da edificação de tal modo que tenham um significativo efeito de realimentação a partir do que já tiver sido executado. Segundo Kepner & Tregoe³², o uso de técnicas de realimentação e simulação produz um profundo impacto sobre os que gerenciam o processo produtivo, fazendo-os ver as deficiências de seus velhos métodos de raciocínio e persuadindo-os a usar uma abordagem sistemática na análise de problemas e na tomada de decisões, considerando todo o potencial dos problemas.

Do exposto em Blanchard & Fabrycky⁹, Bonin¹¹, Cleland¹¹, Kepner & Tregoe³² e Mélese³¹, pode-se extrapolar este tipo de linha de ação ao processo de produção de edificações, pois também este impõe o pensar mais claro sobre os próprios processos de pensamento, o questionar seriamente os hábitos e métodos para resolver problemas e tomar decisões, o saber como raciocinar com objetividade quanto aos problemas e suas possíveis soluções, e o fazer julgamentos e tomar decisões adequados ao processo. Pode-se dizer, ainda segundo Kepner & Tregoe³², que a aptidão para raciocinar sistematicamente é uma necessidade básica para gerenciar bem o processo de produção de edificações, pois o custo do pensamento desordenado e não racional é enorme.

Do ponto-de-vista do desenvolvimento científico, o tratamento dos problemas tem-se fundamentado na análise linear. A análise linear trata um fenômeno como a simples reunião dos resultados do estudo de suas partes constituintes. A adoção exclusiva de princípios de análise no desenvolvimento científico tem como resultado a crescente especialização das atividades científicas, criando grandes dificuldades para o intercâmbio de informações. A falta de uma preocupação maior com a síntese dos resultados do estudo das partes reduz significativamente a compreensão de fenômenos onde a relação interna entre suas partes constituintes é mais complexa. O acréscimo de princípios de síntese significa que a compreensão do fenômeno passa a considerar também as relações entre as partes constituintes.

A figura 4 caracteriza a distinção entre as duas abordagens para o estudo dos fenômenos reais.

Nos princípios de análise puros, tidos também como modo analítico ou de pensamento divergente, uma explanação do todo deriva de

explicações de suas partes. Com os princípios de análise e síntese, ou modo sistêmico, alguma coisa a ser esclarecida é vista como parte

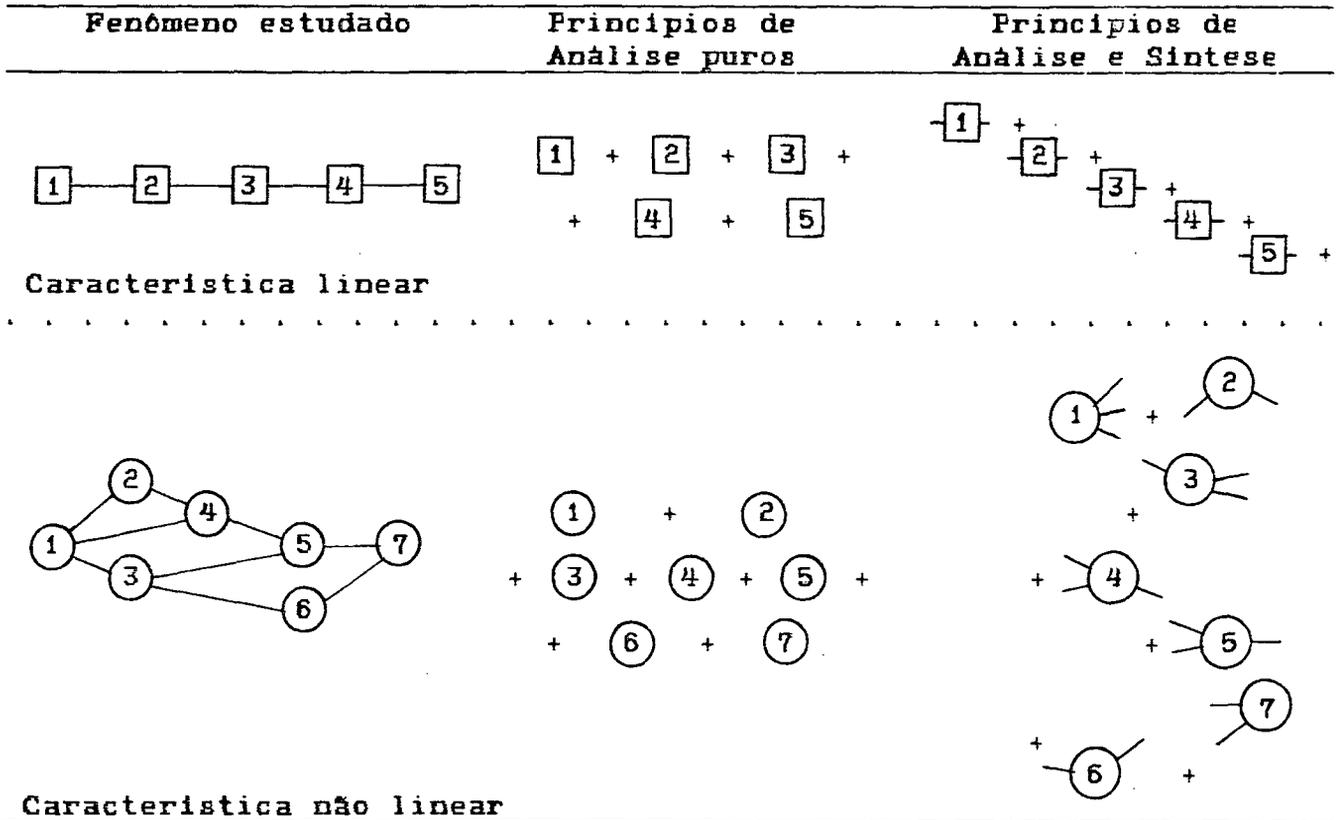


Figura 4 - Características de organização do pensamento para a abordagem de problemas (fonte: Bonin¹¹).

de um grande sistema e explicada em termos de sua função neste sistema maior. Para Blanchard & Fabrycky⁹, o modo de pensamento sistêmico é a maneira de pensar baseada na observação de que, quando cada parte de um sistema funciona tão bem quanto possível, o sistema como um todo pode não se realizar assim tão bem quanto seria de se esperar. Isto segue do fato de que a soma do funcionamento das partes raramente é igual ao funcionamento do todo.

3.4. A questão da hierarquia.

Uma visão de sistemas é, também segundo Blanchard & Fabrycky⁹, uma forma de entender complexidades e os seus vínculos relacionais.

Com base neste posicionamento, pode-se perceber que é possível estabelecer um controle mais preciso sobre a qualidade do processo produtivo da edificação, a partir da divisão do processo total em partes menores e de uma constante retroação destas sobre o todo.

A utilização de critérios racionais para a subdivisão do processo produtivo da edificação é também característica relevante de um modelo sistêmico. O fracionamento do processo é função do caso em estudo face às relações internas. Assim, procura-se dividir o processo adotando o critério de agrupar atividades cujos objetivos são semelhantes. Os critérios adotados são bastante genéricos porque se procura evitar a incorporação de aspectos específicos de algum caso particular.

Na análise de produtos relacionados ao processo produtivo da edificação, além da definição dos seus elementos integrantes, é necessário estabelecer uma ordenação, segundo a qual esses integrantes são agrupados e organizados em níveis hierárquicos. Uma proposta de ordenação, a partir dos estudos de Law³³, de Blach⁷ e do IPT³⁰ é:

- . materiais/detalhes (materiais ou produtos gerais)
- . componentes (combinação parcial de detalhes)
- . elementos (montagens de componentes)
- . edificações (sistemas construtivos ou tipos).

Uma vez que todo sistema é formado pela combinação de diversas partes simples, alguma parte constituinte pode ser desmembrada em partes menores. Daí, se dois níveis hierárquicos estão envolvidos em um dado sistema, o mais baixo é convenientemente chamado um subsistema, como expõem Young⁴⁹, Blanchard & Fabrycky⁹, Cleland¹⁷, Melese³⁷. Evidentemente, as designações de sistema, subsistema e partes são relativas, uma vez que o sistema em um nível na hierarquia é parte constituinte em um outro. Entretanto, é bom frisar que um sistema, mais do que a soma de suas partes constituintes, caracteriza-se pelo interrelacionamento entre as partes.

Como diz Blanchard & Fabrycky⁹, definido o sistema, é necessária a identificação de seus componentes, ou seja, das partes operantes do sistema. Quanto a isto, para Bonin¹⁴, estas partes estão intrinsecamente ligadas à decomposição racional das atividades e não à tradicional divisão física. Além de relacionar hierarquicamente qualquer parte do processo produtivo da edificação, ou seja, partes onde ocorrem alterações de material, energia ou informações, também é preciso determinar os tipos de componentes que se manifestam no processo. Como se considera em Blanchard & Fabrycky⁹, estes tipos podem ser:

- . componentes estruturais (as partes estáticas);
- . componentes operantes (as partes que realizam o processamento); e,

. componentes de fluxo (os materiais, a energia ou a informação sendo alterada).

Em seu trabalho, Young⁴⁹ apresenta um bom número de exemplos para mostrar como cada componente pode assumir uma variedade de valores para descrever uma condição de um sistema, funcionando como um conjunto para controle da ação, com uma ou mais restrições. Pode-se acrescentar a isto o que se encontra em Litaudon³⁴. Segundo este articulista, o relacionamento hierárquico dos componentes empregados em edificações depende das suas qualidades características, ajustadas para o uso pretendido. Tais qualidades, referidas como atributos, são propriedades físicas ou manifestações distintas das partes, em termos de tamanho, resistência, cor, durabilidade, peso, etc.

Para precisar um sistema, é necessário, portanto, delimitar os componentes segundo as relações que os mantêm, ou seja, definir os vínculos para os atributos necessários à integração das partes, em cada nível hierárquico.

Ainda que as relações sejam modos de descrever a interação entre as partes constituintes de um sistema, cabe destacar o que cita Blanchard & Fabrycky⁹ no que respeita às diferenças existentes entre uma relação e um sistema. Para estes autores, uma relação existe entre duas e somente duas partes, enquanto um sistema é descrito pela interação entre muitas partes. Além disto, uma relação é uma aplicação que define como os atributos iminentes das partes devem se combinar, enquanto um sistema surge em função da posição particular e distribuição espacial de suas partes. Conseqüentemente, as partes integrantes de uma relação são separadas espacialmente, enquanto um sistema é o resultado da distribuição interativa de suas partes. Portanto, a conexão entre as partes de uma relação é direta, enquanto a conexão em um sistema depende de uma referência comum do todo para o conjunto das partes constituintes do sistema.

As relações funcionalmente necessárias podem ser caracterizadas como sinérgicas se forem complementares e contribuírem para o sistema de desempenho; serão redundantes se componentes duplicados estiverem presentes para o propósito de assegurar a continuidade de funcionamento do sistema.

Feitas estas considerações, constata-se que as características do sistema são determinadas através da avaliação do comportamento integrado dos seus constituintes. As interfaces e inter-relações entre

eles podem ser definidas como áreas de contato, que não se restringem a consideração única de aspectos físicos e dimensionais mas que inclui também aspectos funcionais e simbólicos, normalmente desconsiderados nos processos produtivos tradicionais.

3.5. O gerenciamento do processo produtivo da edificação.

O processo produtivo da edificação está relacionado com o desenvolvimento de um conjunto de decisões, combinadas em uma solução ampla, a partir de certos critérios que são reunidos. As decisões são tomadas nas várias fases do processo e a cada fase os requisitos têm que ser cumpridos e as restrições observadas. Assim, o gerenciamento da produção de edificações consiste na criação de planos para o sistema, ou seja, do planejamento de recursos, ambiente e componentes para a realização de seus objetivos, sendo fundamental a incorporação ao sistema de mecanismos que possibilitem alterações em seu planejamento.

Na construção de um edifício, muitas empresas podem tomar lugar no processo de produção. Como um resultado desta participação, há trocas de informações entre os estágios do processo de produção. A adoção de uma linguagem unificada para a comunicação interna entre as etapas é uma necessidade que evidencia a grande interação entre as diversas atividades realizadas por diferentes participantes. A especialização no grupo, segundo Mucchielli⁴⁰ e Mélese³⁷, tende a acentuar a diferenciação da linguagem utilizada pelos diferentes especialistas, criando grandes obstáculos à sua comunicação. É essencial, portanto, a escolha de uma nova linguagem, única para todo o processo e independente daquelas já utilizadas tradicionalmente. Como o conceito de valor, o conceito de desempenho, de acordo com Bonin¹¹, é uma alternativa de linguagem, tendo como vantagem adicional sua orientação teleológica que lhe confere liberdade em relação aos sistemas construtivos existentes, não incorporando obstáculos desnecessários à comunicação interna do processo. [A teleologia é uma ciência que admite a existência de uma causa primordial preestabelecida para os fenômenos, e a tendência deles para um fim necessário; para alcançar este fim, a orientação teleológica apóia-se na definição dos reais objetivos da entidade ou fenômeno sob estudo, isentos de preconceitos e conservadorismos (objeções padronizadas)].

O Grupo-Tarefa (GT) definido para conduzir os trabalhos, constitui-se como uma equipe multidisciplinar cujas obrigações se estabelecem conforme as prováveis características do processo produtivo, o qual é orientado para uma aplicação da Metodologia de Valores (MV) na construção de um edifício. No esforço de equipe, cada membro deve ser um especialista que possua o necessário conhecimento técnico em um dado campo de especialização.

Para coordenar os trabalhos do GT, o mais indicado é, segundo Arai², um gerente de projetos que tenha domínio da MV. Ele tem a obrigação de esclarecer a situação por meio de entrevistas e pequenos grupos de estudos. De acordo com esta visão e com o problema apresentado, ele precisa determinar as técnicas apropriadas para cada etapa, assim como se há necessidade ou não da participação de todos os membros do GT nas reuniões de trabalho. A ele também deve caber a responsabilidade de chamar especialistas externos para eventuais consultas.

Ao considerar o ciclo de vida de uma edificação, os responsáveis pela condução do processo produtivo devem identificar e preparar sistematicamente todos os passos, ainda que nem todos os passos se apliquem. Os participantes do processo, especialmente os engenheiros, precisam disciplinar-se em pensar no ciclo de vida total, para assegurar que todos os aspectos do processo produtivo estejam adequados e propriamente considerados de maneira efetiva.

3.6. O ciclo de vida e a concepção de modelos.

Todo edifício apresenta um ciclo de vida que depende, em grande parte, da sua tipologia e do seu uso. Não é possível obter descrições gerais do ciclo de vida de tipos de edifícios sem, antes, desenvolver algum tipo de pesquisa. Mandolesi³⁵ estudou e observou diferenças significativas nos ciclos de vida entre os diferentes tipos de construção, tais como habitações, escolas, hospitais, centros culturais, salões de convenções, etc. Segundo Mandolesi³⁵, não se verifica, por exemplo, grandes mudanças nas funções e desempenhos de habitações, mas constata-se alterações funcionais relativamente importantes nos outros tipos de edificações citados. Como um resultado disto, tais tipos de edifícios podem ser aceitos em sua fase de uso com mudanças lentas em termos de funções e desempenhos. Todos os edifícios, neste

aspecto particular de ciclo de vida, podem ser considerados como campos de aplicação adequados para a MV.

Qualquer caso real é observado apenas em relação a alguns de seus aspectos e a algumas de suas características. O uso da MV resulta em intervenção sobre a realidade, modificando algumas de suas características e a forma de como são percebidas. Assim, combinando-se sistematicamente as características de um caso sob estudo com os conceitos utilizados pelos observadores, o resultado do binômio produzir-processar informações representa uma expressão da realidade, caracterizando o que se chama de modelo.

Face à complexidade que cada situação apresenta, a elaboração de modelos dinâmicos genéricos é a estratégia mais eficiente para orientar as decisões operacionais e auxiliar na tomada de decisões.

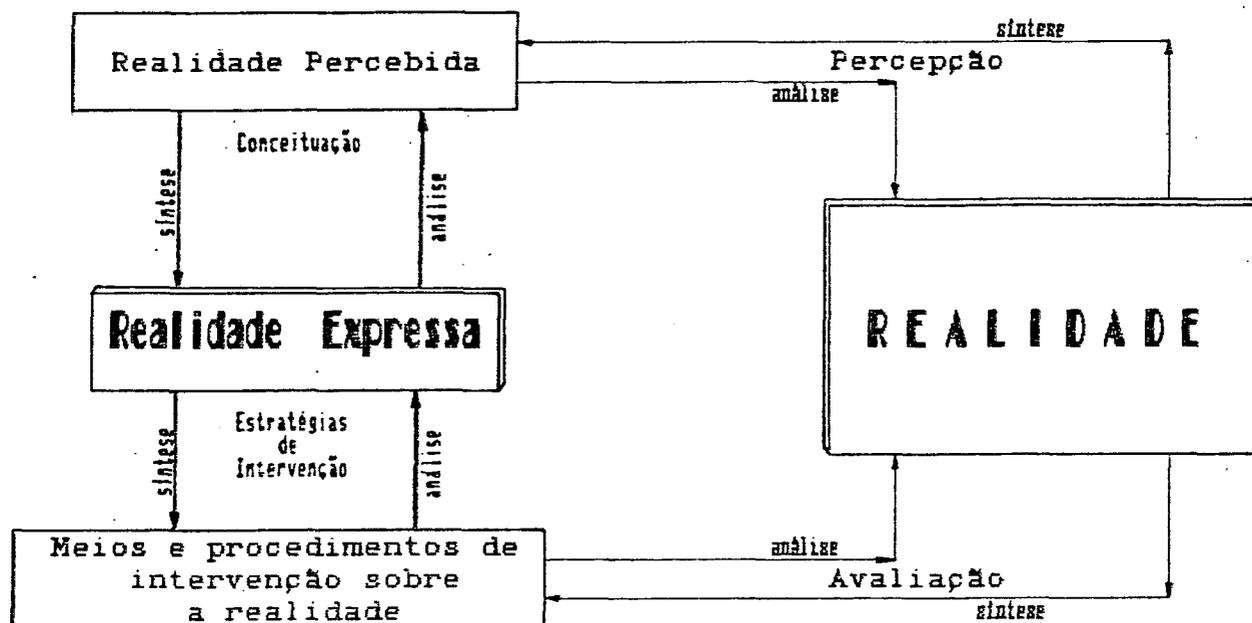
Um modelo dinâmico expressa o desenvolvimento das atividades que o constituem como um instrumento de racionalização das intervenções realizadas sobre a edificação, tanto a um nível físico quanto a um nível organizacional, garantindo assim maior segurança na realização dos objetivos definidos. Além disso, possibilita um tratamento intelectual e crítico para a produção de conhecimentos sobre a edificação, de uma forma valiosa e inovativa. Cabe ainda destacar que especial atenção deve ser dada à inovação organizacional (gerenciamento da produção) antes que à inovação tecnológica (engenharia da produção), ou seja, estabelecer novos meios de se estruturar o processo produtivo da edificação.

A figura 5, esquematiza o fluxo de informações para que seja concebido um modelo para o ciclo de vida do processo produtivo da edificação.

Qualquer processo de produção (intelectual ou físico) exige ordenação entre todas as suas etapas constituintes. Esta ordenação é um arranjo conveniente, conseguido por meio de um modelo estruturado, segundo os requisitos básicos a seguir:

- percepção da realidade (estado de conhecimento constituído por um conjunto de informações descoordenadas);
- formulação de conceitos que representem a compreensão da realidade;
- tradução dos princípios genéricos de compreensão da realidade em um conjunto de procedimentos aplicáveis à intervenção sobre a realidade; e,

- avaliação dos resultados obtidos em todo o processo em comparação com as características dos fenômenos reais.



Campo projetual: *sujeito*

Campo real: *objeto*

Figura 5 - Fluxo para detalhamento de modelos (adaptado de Bonin¹¹).

O exame da realidade mostra que há um amplo campo para o uso da MV na produção de edificações. Para isto, é necessário desenvolver uma base metodológica que integre adequadamente um modelo de desempenho (exigências dos usuários, condições de exposição, critérios de desempenho e modelos de objeto) à estrutura teórica da MV. O procedimento sistemático da MV é altamente útil visto que melhora o valor da informação e reduz o volume de informação requerida entre as partes para um trabalho de construção. De fato, como uma seqüência de passos, a MV e o uso do conceito de desempenho dão um tratamento sistemático ao ciclo de vida, desde a identificação de necessidades para a produção de edificações até a colocação em uso e acompanhamento do edifício (e a conseqüente satisfação de todas as partes envolvidas ao longo do processo produtivo).

Com vistas a isto, faz-se uma breve revisão das metodologias de desempenho (cap. 4) e de valores (cap. 5), e, no cap. 6 propõe-se uma metodologia que visa a ajudar no preenchimento de lacuna existente no campo da produção de edificações no Brasil, associando a metodologia empregada no tratamento de desempenho para edifícios às características da MV.

Capítulo IV

O CONCEITO DE DESEMPENHO:

CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS PARA A SUA APLICAÇÃO.

4.1. O conceito de desempenho.

Conceituar desempenho implica definir objetivamente, para a pressuposta vida útil, o comportamento esperado para um produto de construção (o sistema edificação ou parte) sem, no entanto, pormenorizar como o produto ou a ação de produzi-lo deverá ser. Medir desempenho consiste em avaliar a relação entre o comportamento estimado (teórico) e o em uso (real).

O CIB/W60^{15,16} refere-se à utilização do conceito de desempenho como prática de pensar e de trabalhar em termos de fins antes que de meios; em outras palavras, deve-se entender desempenho como a apresentação de certas propriedades características de um produto, tais que o capacitem a cumprir sua função, quando sujeito a certas influências durante a sua vida útil.

Camous¹³ entende desempenho como o elo que associa a identificação das necessidades dos usuários do edifício à proposta de solução física que satisfaça tais necessidades.

Para Souza^{16,17}, a aplicação do conceito de desempenho à habitação propicia o estabelecimento de uma base objetiva e racional para a avaliação de desempenho de partes constituintes e sistemas construtivos, além de contribuir para o desenvolvimento de produtos, a elaboração de projetos, a normalização e o controle de qualidade.

A realização do desempenho previsto para um produto pode ser viabilizada com o estabelecimento de critérios, a partir das habilidades funcionais e propriedades que o tornem adequado ao cumprimento

dos objetivos especificados. Para Csillag²⁰, para um produto atingir o desempenho apropriado são requeridos níveis predeterminados para qualidade, confiabilidade, compatibilidade, flexibilidade, manutenibilidade, aparência, etc, satisfazendo-se a todos os requisitos dos níveis envolvidos.

4.2. O uso do conceito de desempenho.

Para usar o conceito de desempenho, dois aspectos básicos devem ser considerados:

- *determinar os critérios de desempenho*, isto é, traduzir as necessidades dos usuários em expressões técnicas que permitam a seleção de produtos de construção que, combinados, resultem numa edificação que satisfaça tais necessidades;
- *viabilizar a avaliação e o controle* do comportamento do sistema-edificação ou de alguma parte constituinte do sistema.

Ambas encerram a tradução das condições qualitativas e quantitativas, que devem ser atendidas pelo edifício, para cumprimento das necessidades dos envolvidos com o sistema edificação, sob determinadas condições de exposição.

O CIB/W60¹⁶ recomenda, para que os dois aspectos sejam alcançados na prática, usar uma metodologia básica para a aplicação do conceito de desempenho. A figura 6 apresenta um fluxo metodológico, proposto para o uso do conceito de desempenho.

Portanto, para a obtenção de uma solução física do sistema-edificação ou de parte constituinte dele, é preciso ter em mente, ao longo do projeto e da construção, os requisitos e os critérios que devem ser observados para que a função principal de um edifício, a de proporcionar abrigo conforme as exigências dos usuários, seja necessariamente atendida por ocasião da obra materializada.

Para Souza⁴⁷, os requisitos são qualidades expressas a partir da função específica que a parte constituinte ocupa no edifício, à luz das exigências humanas; os critérios, são os níveis quantitativos a serem atingidos pela parte constituinte, frente a uma determinada condição de exposição.

Assim, da concepção ao uso, recomenda Mandolesi²¹, a implantação de edificações corresponde conhecer, observar e fazer interagir re-

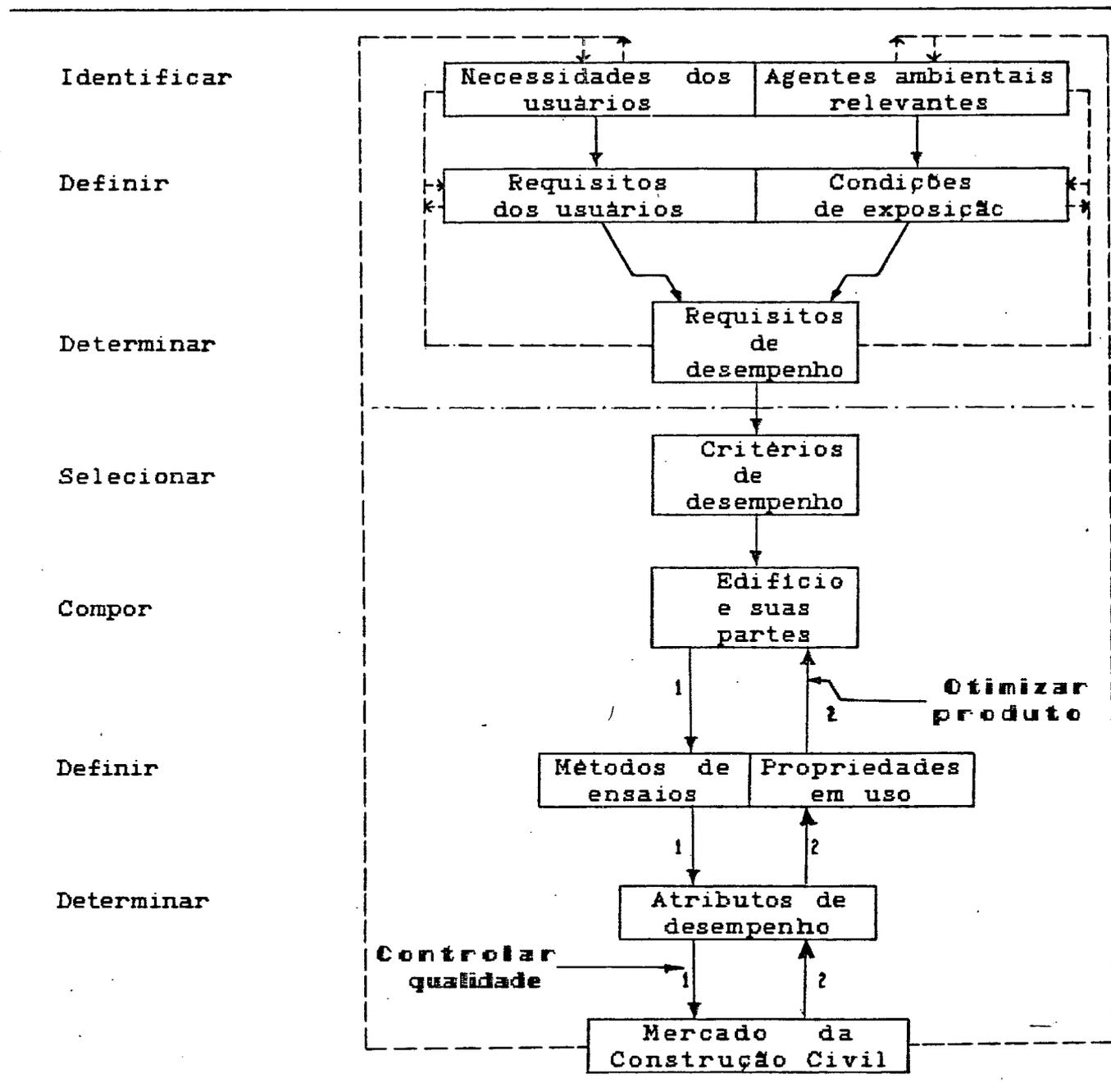


Figura 6 - Fluxograma para uso do conceito de desempenho.

quisitos e critérios sobre:

- . organização da malha urbana;
- . tratamento dos espaços públicos;
- . definição do paisagismo e escolha da vegetação;
- . definição de prováveis tipologias para as edificações e as suas correspondentes formas de implantação;
- . análise funcional;

- . escolha das partes constituintes;
- . utilização;
- . acompanhamento e manutenção;
- . avaliação.

4.3. Definições.

Para maior compreensão deste conceito, relacionam-se as seguintes definições básicas (em acordo com o IPT³⁰):

- .Usuário: pessoa, animal ou objeto para o qual o edifício é destinado.
- .Materiais: produtos cuja relação com funções específicas determina sua aplicação num componente ou elemento.
- .Componentes: produtos correspondentes a partes dos elementos da edificação, destinados a cumprir individualmente funções específicas.
- .Elementos/Instalações: produtos para partes da edificação, destinados a cumprir um conjunto amplo de funções, atendendo a uma ou mais necessidades.
- .Necessidades dos usuários: exposições qualitativas dos objetivos que o edifício deve cumprir, para que os usuários realizem normalmente suas atividades, sejam eles os ocupantes diretos ou os relacionados à edificação.
- .Agentes ambientais relevantes: variáveis do ambiente físico e institucional que influem sobre a edificação e seus usuários, sendo descritas, a princípio, apenas qualitativamente.
- .Requisitos dos usuários: enunciados qualitativos relacionados aos níveis de desempenho a serem atendidos numa edificação, submetida às condições de exposição. Para tal, devem satisfazer a realização normal das atividades dos usuários, sob os pontos de vista técnicos, fisiológicos, psicológicos e sociológicos, definidos quantitativamente.
- .Condições de exposição: descrições quantitativas das ações atuantes, esperadas para o ambiente físico-institucional de onde se localizará a edificação, durante a vida útil pressuposta.
- .Requisitos de desempenho: definições quantitativas das características que uma parte constituinte deve apresentar, para as condições de exposição de um determinado local, a fim de que sejam satisfeitas as necessidades dos usuários.
- .Critérios de desempenho: parâmetros relacionados à manutenção do nível de desempenho da edificação, necessário à realização normal das atividades dos usuários.
- .Propriedades em uso: características apresentadas por um produto de construção submetido a um determinado conjunto de condições ambientais. Essas propriedades relacionam-se, portanto, ao comportamento da edificação, em uso, e não simplesmente aos aspectos físicos de seus materiais constituintes.
- .Métodos de ensaio para desempenho: procedimentos que procuram simular o comportamento real de uma edificação em uso. Tais simulações objetivam estabelecer propriedades simples, que permitam avaliar operacionalmente o projeto e criar condições para desenvolver e selecionar um produto de construção.
- .Atributos de desempenho: expressões do real comportamento de um produto de construção ou de uma edificação.

4.4. Identificação das necessidades dos usuários e dos agentes ambientais relevantes.

É a partida do processo. Nesta fase expõe-se, de forma geral, a edificação a ser produzida, em termos de usuários a serem considerados (permanentes e eventuais).

Para se identificar as necessidades dos usuários, Cronberg^{18,19} sugere o levantamento do conjunto de atividades normalmente desenvolvidas por um grupo típico de usuários. Isto permite a composição de listagens que proporcionarão condições para se avaliar, tanto o edifício como um todo assim como apenas um produto de construção.

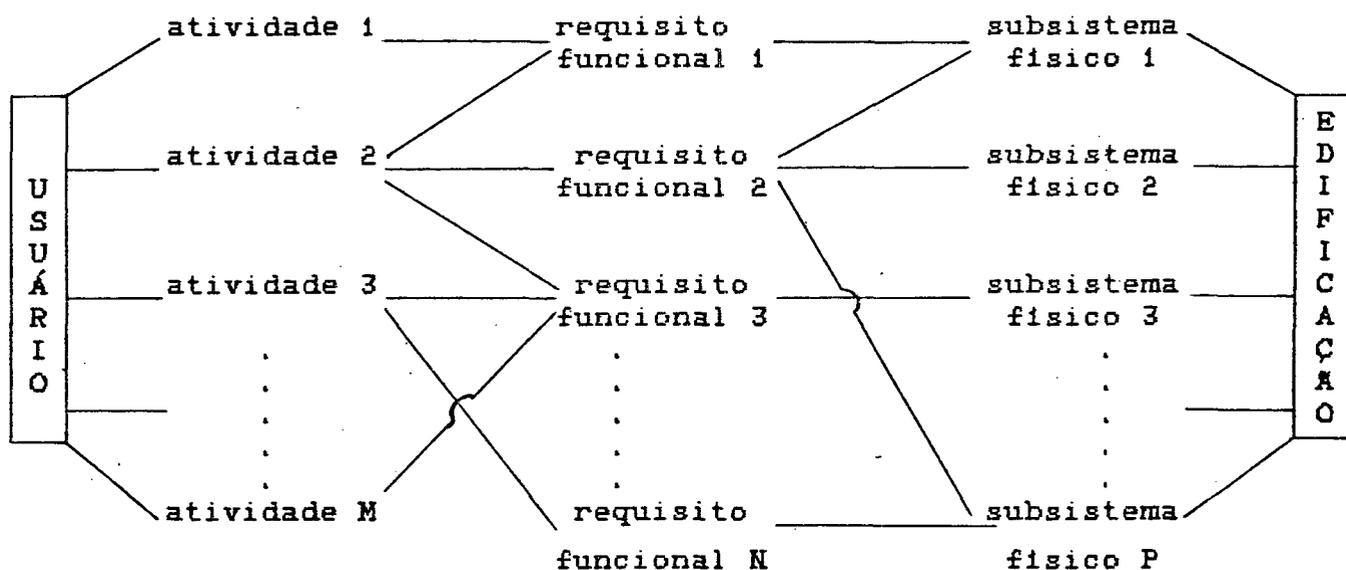


Figura 6 - Modelo relacional, usuário-sistema edificação, sugerido por Cronberg¹⁸.

Essas listagens, bem compostas, tornam-se uma expressão objetiva das características que se espera este produto atinja. A figura 6 representa o modelo sugerido por Cronberg^{18,19} e relaciona as características dos subsistemas físicos integrantes da edificação com as atividades dos seus usuários.

Souza¹⁷ destaca a importância de uma correta identificação das necessidades dos usuários exatamente por ser esta uma das bases fundamentais para a utilização do conceito de desempenho.

A ISO, baseada na CIB Master List¹⁵, propõe a lista do quadro 1, que visa a auxiliar na identificação das necessidades dos usuários, para o estudo de desempenho de edifícios.

Quadro 1 - Necessidades dos usuários

1. Necessidades de estabilidade estrutural: resistência mecânica a cargas estáticas, isolada ou combinadamente; impactos; acidentes; efeitos de fadiga.
2. Necessidades de segurança ao fogo: riscos de erupção e difusão do fogo; efeitos fisiológicos (controle de fumaça e de ventilação); sistemas de alarmes (detectores, sirenes, etc); tempo de evacuação (rotas de escape); tempo de resistência ao fogo.
3. Necessidades de segurança ao uso: segurança contra agentes agressivos (proteção contra explosões, queimaduras, elementos cortantes, mecanismos móveis, riscos de choques elétricos, radioatividade, contato com e/ou inalação de substâncias agressivas infecciosas); segurança durante a movimentação e circulação (irregularidades em pisos, desobstrução de passagens, guarda-corpos, etc); segurança a intrusos (humanos ou animais).
4. Necessidades de estanqueidade: à água proveniente da chuva ou do solo, potável ou não, etc; aos gases, inclusive ao ar; à poeira.
5. Necessidades de conforto higrotérmico: controle da temperatura do ar, da radiação térmica, da velocidade e da umidade do ar (limitações na variação tanto no tempo como no espaço); controle da condensação.
6. Necessidades de pureza do ar: ventilação; controle de odores.
7. Necessidades de conforto acústico: controle de ruídos, contínuos ou intermitentes; inteligibilidade do som; tempo de reverberação.
8. Necessidades de conforto visual: controle e previsão da luz natural; insolação; nível de iluminação, controle de ofuscamento, contraste; possibilidade de escurecimento; aspectos do espaço e acabamento, como cor, textura, regularidade, verticalidade, horizontalidade, etc; contraste visual, interno e externo em relação à vizinhança (ligações e barreiras para privacidade, ausência de distorção ótica, etc).
9. Necessidades de conforto tátil: propriedades das superfícies como rugosidade, pegajosidade, temperatura de contato, flexibilidade; inexistência de descargas de eletricidade estática.
10. Necessidades de conforto antropodinâmico: limitação de acelerações e vibrações; conforto de pedestres em áreas ventiladas; aspectos de projeto relacionados com a força e destreza humana, como inclinação de rampas, manobras de operação de portas, janelas, equipamentos, etc.
11. Necessidades de higiene: instalações para cuidados corporais; suprimento de água, limpeza e evacuação de resíduos.
12. Necessidades de adaptação ao uso: número, tamanho, geometria e inter-relação; previsão de serviços e equipamento; mobiliário, flexibilidade.
13. Necessidades de durabilidade: conservação do desempenho por tempo adequado.
14. Necessidades de economia: custo global adequado (custos de implantação + custos financeiros + custos de operação + custos de manutenção).

Naturalmente que, listadas as necessidades, são elas ainda de caráter qualitativo. Com o desenrolar do conceito de desempenho, serão transformadas em fatores quantitativos, valorados segundo as restrições que podem surgir, mas ainda não referidas a uma situação e/ou local particulares. Quanto à conversão de qualitativo para quantitativo, a sistematização proposta por Albuquerque¹ pode, adaptada, ser uma ferramenta valiosa no uso do conceito de desempenho.

Ainda que haja um inter-relacionamento bastante forte entre algumas destas necessidades, existem aquelas cujos requisitos são predominantes em certas situações e outras que se impõem em todos os casos como, por exemplo, a estabilidade da edificação.

As necessidades dos usuários apresentam graus variados de importância e, segundo John³¹, genericamente o que determina as variações é o conhecimento sobre:

- . os tipos de uso a que se destina o edifício (quem o usará?);
- . as características climáticas e ambientais de uma região;
- . as características culturais de cada região e de cada grupo social;
- . o grau de desenvolvimento tecnológico da época;
- . a quantidade de recursos econômicos disponíveis;
- . os aspectos inerentes ao modelo político-econômico do país em questão.

John³¹ ainda comenta a importância da conscientização sobre o caráter histórico-geográfico, não só pelas características culturais profundamente arraigadas às tecnologias empregadas mas, também, pela excepcional vitalidade que elas dão ao processo de avaliação do desempenho.

Simultaneamente à identificação das necessidades dos usuários, desenvolve-se a identificação dos agentes ambientais relevantes.

Caracterizam os agentes ambientais, todos os fenômenos ou entes de origem interna ou externa que podem influir no desempenho da parte constituinte. Por se tratar de um aspecto de caráter qualitativo, é recomendável ainda, elaborar listas exaustivas dos possíveis agentes, procurando-se definir, genericamente, o possível cenário da edificação.

O quadro 2, baseado em uma relação proposta pela ISO, menciona agentes possíveis de atuarem na edificação.

4.5. Definição dos requisitos dos usuários.

Identificados os agentes ambientais relevantes e as necessidades dos usuários, da analogia entre eles resulta inicialmente, a determinação qualitativa dos níveis de desempenho necessários ao atendimento dos usuários, independentemente da exata localização da edificação.

Quadro 2 - Lista de agentes ambientais atuantes na edificação

ORIGEM	Externa		Interna	
	Natureza	Atmosfera	Solo	Ocupação
1. Agentes mecânicos				
Gravidade	carga de neve, gelo e chuva	pressão do solo e da água	sobrecargas de uso	cargas permanentes
Forças e deformações impostas ou restritas	pressão de gelo ou água, dilatação térmica e higroscópica	escorregamentos, recalques	esforços de manobras	retrações, fluência, forças e deformações impostas
Energia cinética	vento, granizo, impactos externos		abrasão, impactos internos	golpes hidráulicos
Vibrações e ruídos	ruídos externos, rajadas de vento, trovões, explosões	sismos, vibrações de máquinas, tráfego	ruídos internos, vibrações de máquinas internas	ruídos e vibrações dos edifícios
2. Agentes eletromagnéticos				
Radiação	radiação solar, radioatividade		equipamentos radioativos, lâmpadas	painel radiante
Eletricidade	descargas atmosféricas	correntes parasitárias		eletricidade estática, instalações elétricas
Magnetismo			campos magnéticos	campos magnéticos
3. Agentes térmicos				
Temperatura	aquecimento e esfriamento do ar, choque térmico	aquecimento e resfriamento do solo	calor emitido por cigarros ou objetos em chamas	aquecimento, incêndios devidos a superaquecimento, defeitos em instalações elétricas
4. Agentes químicos				
Água e solventes	umidade do ar, condensação, águas de precipitação	águas superficiais, subterâneas	águas de lavagem, álcoois e detergentes	instalações hidráulicas, sanitárias, infiltrações
Oxidantes	oxigênio, ozônio, óxidos de nitrogênio		alvejantes, água oxigenada	potenciais eletroquímicos positivos
Redutores		sulfetos	amônia, agentes de combustão	potenciais eletroquímicos positivos
Ácidos	excrementos de pássaros, ácidos sulfúrico e carbônico	ácido carbônico, ácidos húmicos	vinagre, ácido cítrico, ácido carbônico	ácido sulfúrico, ácido carbônico
Bases		cales	hidróxido de sódio, amônia e potássio	hidróxido de sódio, cales, cimentos
Sais	névoa salina	nitratos, fosfatos, cloreto-sulfatos	cloreto de sódio	cloreto de cálcio, sulfatos, gesso
Materiais inertes	poeira	calcário, sílica	gorduras, óleos, tintas, poeira	gorduras, óleos, poeiras, sujeira
5. Agentes biológicos				
Microorganismos e vegetais	bactérias, grãos	bactérias, cogumelos, fungos e raízes	plantas domésticas, bactérias	
Animais	insetos, pássaros	roedores	animais domésticos, seres humanos	

Em seguida, de acordo com o conhecimento tecnológico das condições a que o edifício deve satisfazer, passa-se à quantificação destes requisitos.

Se questões econômicas impedirem o atendimento total de um ou mais requisitos, o CIB/W50¹⁶ recomenda (exceto para os requisitos de caráter imperativo, como os de segurança) uma adaptação/redução em termos de níveis mínimos de exigências socialmente aceitos. Essa recomendação deve ser vista com muito cuidado pois, sob o pretexto de economia ou de tornar o produto viável à maioria dos usuários, pode levar algum(ns) requisito(s) ao abandono, descaracterizando a proposta original para o componente/elemento/edifício. Ao mesmo tempo em que se trabalham os requisitos dos usuários, também se definem as condições de exposição, ou seja, as características do contexto em que o sistema edificação se insere.

As condições de exposição, intimamente relacionadas com os agentes ambientais relevantes, são valores quantificados para uma região e tipo de edificação determinados.

"É interessante salientar que as condições de exposição são variáveis relativamente manipuláveis dentro do processo produtivo da edificação, através da possibilidade de opções entre locais ou tipos de edificações diferentes, ou mesmo através da intervenção sobre as características do ambiente físico e institucional do edifício", comenta Bonin¹¹.

4.6. Determinação dos requisitos de desempenho.

Conforme o CIB/W50¹⁶ e cumpridas as etapas anteriores, a quantificação dos requisitos de desempenho em valores determinantes, traduz as condições a serem alcançadas por um componente/elemento/edifício, em local e uso específicos, como consequência de decisões próprias de projeto.

A expressão dos requisitos de desempenho se desenvolve em função dos objetivos a serem atingidos e não dos meios utilizados (especificações de desempenho). Neste sentido, Bonin¹¹ afirma que "a proposição de especificações de desempenho puras, totalmente independentes de qualquer solução física em particular, é um objetivo de difícil realização, devido à tradição de se descrever materiais e for-

mas dos produtos de construção antes que as características funcionais que estes produtos devem apresentar e, também, pelas limitações tecnológicas a uma avaliação funcional destes produtos. Deve-se ressaltar, entretanto, que as restrições quanto aos meios de obtenção dos requisitos de desempenho determinados devem ser introduzidas apenas quando justificadas".

4.7. Determinação de critérios de desempenho.

E sumamente importante racionalizar o trabalho nas etapas antecedentes, evitando-se que o manuseio de grandes listagens acarrete dificuldades na utilização (ou mesmo o abandono) do conceito de desempenho.

Via de regra, utilizam-se todos os requisitos de desempenho ao se desenvolver um novo produto de construção ou em edificações altamente inovadoras. Porém, se o caso é escolher um produto de construção dentre os disponíveis no mercado, a atenção deve se concentrar nos requisitos de desempenho mais importantes, relacionados a situação.

A determinação dos critérios de desempenho é condicionada a especificidade de cada situação de uso. Em cada uma, esses critérios devem representar as características de desempenho mais importantes, determinantes da aceitação ou não de uma solução. Assim, deve-se entender critério de desempenho como um parâmetro-padrão de aceitabilidade, que permite julgar se uma opção é ou não adequada.

Dentre os métodos usualmente empregados para a quantificação dos critérios de desempenho, o CIB/W50¹⁶ relacionam-se os seguintes (empregados isolada ou combinadamente):

1. seleção fundamentada no conhecimento subjetivo de um ou mais especialistas;
2. seleção apoiada em métodos de teste disponíveis;
3. seleção baseada na análise funcional do produto;
4. seleção fundada em informações sobre produtos em uso:
 - . inspeção de produtos em uso;
 - . registros de falhas e reclamações;
5. seleção estabelecida através de pesquisa exaustiva dos requisitos dos usuários.

Ainda que sejam diferentes entre si, estes métodos podem combinar-se para explorar a potencialidade que cada situação oferece. Todos se destinam, objetivamente, a uma avaliação correta das necessidades dos usuários.

Harrison²⁹ propõe diferentes enfoques para determinar os critérios de desempenho, qualquer que seja o método adotado. São eles:

- . pesquisar exaustivamente os requisitos de desempenho, eliminando os irrelevantes e listando abrangente e completamente os respectivos critérios de desempenho;
- . agregar requisitos: iniciar com os básicos, acrescentando outros à medida que a precisão e a complexidade das especificações aumentar;
- . adequar, apropriadamente, especificações de produtos existentes.

Independentemente do enfoque adotado, é preciso confrontar a lista dos critérios de desempenho com a lista completa dos requisitos de desempenho, tal que, de alguma forma, o primeiro enfoque seja sempre utilizado.

Concluída esta etapa, para efeitos de uso do conceito de desempenho, o sistema edificação (e suas partes constituintes) pode ser perfeitamente composto, com seus inter-relacionamentos sendo resguardados através da observação e conjugação dos critérios de desempenho selecionados. Porém, a garantia da efetividade destes critérios está condicionada a uma permanente avaliação e controle do que for projetado. Assim, os próximos itens cuidam do tratamento relativo à viabilização do edifício e suas partes, visando o comportamento do conjunto, em uso.

4.8. Definição das propriedades em uso.

O segundo aspecto básico considerado para a utilização do conceito de desempenho, refere-se, para cada caso em estudo, à proposição de uma solução física que atenda às necessidades dos usuários. O processo se constitui da obtenção, confrontação e combinação de todas as informações colhidas através de:

- . uma adequada análise dos produtos disponíveis no mercado;
- . uma real avaliação (otimização) do nível de desempenho destes produtos sob as condições de exposição.

Um importante passo na determinação de uma solução física, consiste na definição das propriedades em uso, conseguida através da fixação das variáveis de controle de qualidade para as alternativas propostas. Os parâmetros definidos condicionarão o aceite/recusa de um produto de construção, ou mesmo de uma alternativa de solução.

Ao se fixar as variáveis de controle da qualidade, é preciso ter em mente que propriedades em uso não é o mesmo conceito que propriedades físicas dos materiais. As primeiras referem-se ao comportamento em uso, enquanto as segundas se relacionam com as características próprias da formação dos materiais. Excepcionalmente, frente a uma razão objetiva, pode-se usar uma propriedade física como propriedade em uso.

Para um sistema edificação (ou qualquer parte dele), o CIB/W60^{15,16} recomenda o uso da listagem do quadro 3, para identificação de propriedades em uso.

Quadro 3 - Lista de propriedades em uso. (CIB/W60¹⁶)

1. Propriedades ativas: capacidade; produção; consumo.
2. Propriedades estruturais e mecânicas: resistência à compressão; resistência à tração; resistência ao cisalhamento; módulo de elasticidade estático; módulo de elasticidade dinâmico; coeficiente de atrito; esbeltez.
3. Propriedades relacionadas à resistência ao fogo: combustibilidade e inflamabilidade; resistência à propagação superficial de chamas; liberação de calor, fumaça e gases; estabilidade e integridade estrutural.
4. Propriedades da matéria: estanqueidade a gases (ar) e líquidos (água); resistência ao vapor d'água; viscosidade; capilaridade e porosidade; capacidade de absorção de gases e líquidos; solubilidade; resistência à ação de solventes, ácidos e álcalis; resistência à corrosão; resistência a efeitos fotoquímicos.
5. Propriedades biológicas: resistência ao ataque de fungos e bactérias; resistência ao ataque de vegetais e animais.
6. Propriedades térmicas: coeficiente de dilatação térmica; calor específico; temperaturas máxima e mínima de serviço; condutividade e difusividade; coeficiente de transmissão de calor (valor U); capacidade calorífica; admitância; absorvência e emissividade.
7. Propriedades óticas: transmitância; absorvência; refletância; opacidade; luminância; intensidade de iluminação.
8. Propriedades acústicas: absorção e reflexão sonora; tempo de reverberação; resistência a ruídos aéreos e de vibração.
9. Propriedades eletromagnéticas: intensidade de campo elétrico; potencial, resistência e capacitância; reação a efeitos eletromagnéticos e eletrostáticos; reação à radioatividade; ionização.
10. Propriedades de reação ao uso: vida útil; durabilidade; confiabilidade; agressividade do uso.

Ao mesmo tempo em que se definem as propriedades em uso, desenvolve-se a definição dos métodos de ensaio para desempenho. Esta definição, expressa os procedimentos a serem empregados na medição das variáveis de controle de qualidade das soluções físicas propostas.

O CIB/W60¹⁶ enfatiza o emprego de métodos estatísticos para determinar precisamente a mútua relação que existe entre os resultados obtidos para a amostra-teste e o desempenho esperado.

Devido aos elevados custos relacionados ao desenvolvimento de um método de teste de desempenho, deve-se realizar uma acurada análise das condições de uso, visando a relevância do método e a existência de conhecimento científico suficiente para a sua elaboração.

4.9. Determinação dos atributos de desempenho.

Esta fase, nada mais é do que a aplicação dos métodos de ensaio para desempenho em um sistema edificação (ou parte constituinte), avaliando o seu nível de desempenho por meio da valoração de suas propriedades em uso.

A representação dos atributos de desempenho através de uma escala de valores, considerados aceitáveis, flexibiliza a avaliação de um produto de construção para inúmeras situações de uso. Isto, inclusive, é proposto por Blach⁷ e Law³³. O uso destas escalas deve:

- . refletir a precisão do método de ensaio para desempenho;
- . apresentar os limites, inferior e superior, abertos, omitindo-os apenas se houver necessidade prática;
- . permitir o emprego da escala em diversas situações de uso, evitando, por isso, designar valor(es) para os intervalos, mesmo que subjetivos.

Determinados os atributos de desempenho e verificado o pleno cumprimento das condições de uso do produto, a parte final do ciclo de produção acontece com a materialização do sistema, sendo garantida a sua qualidade, pela observância dos critérios de desempenho.

4.10. Efeitos do conceito de desempenho na indústria da construção.

As considerações anteriores são importantes para se avaliar as alterações que a utilização do conceito de desempenho provocam no processo produtivo da edificação, notadamente em termos de processos de elaboração e de seleção de produtos.

O conceito de desempenho conduz a um controle de qualidade mais preciso sobre os processos de elaboração de produtos, já que fornece os meios para uma comparação constante entre os requisitos/critérios de desempenho (fabricação) e os atributos de desempenho (avaliação). Com isto, torna-se mais fácil a identificação e a correção de erros no processo (v. Fig. 6 - fluxo 1).

Quanto à seleção de produtos, há apenas a inversão na seqüência de desenvolvimento das etapas finais do processo de elaboração (v. Fig.6 - fluxo 2). Cabe ao responsável pelo processo de seleção, definir os critérios de desempenho do produto e compará-los com os atributos dos diversos produtos disponíveis no mercado.

Além disso, faz-se necessário estabelecer uma analogia entre os requisitos ou atributos de desempenho e as subdivisões físicas do edifício, para que se possa trabalhar, paralelamente, com a forma tradicional de divisão (fundações, estruturas, coberturas, alvenarias, etc., e todos os recursos a elas relacionados). Neste aspecto, Bonin¹¹ comenta a necessidade de se definir arbitrariamente a divisão da edificação em diferentes níveis hierárquicos que refletiriam o grau de agrupamento das partes, levando-se em conta as considerações feitas no capítulo 3, item 4.

Também a esse respeito, ao formular os requisitos de desempenho, Harrison²⁹ considera que se deve iniciar pelos de níveis hierárquicos mais elevados, chegando-se aos mais inferiores por desagregações sucessivas. Processo inverso ocorreria, então, com os atributos de desempenho: a partir dos níveis hierárquicos mais inferiores, compõem-se os atributos até atingir o topo da escala. (Requisitos e atributos de desempenho só se comparam no mesmo nível hierárquico.)

Com isto, concluem-se as considerações relativas a desempenho, para o processo de produção de edificações (ou de partes constituintes).

Tendo em mente o arquétipo de uma metodologia de valores e desempenho, o capítulo seguinte resume as características inerentes à análise de valores.

Capítulo V

A METODOLOGIA DE TRABALHO PARA

ANALISE DE VALORES

5.1. Generalidades.

O estudo desenvolvido em termos de uma Metodologia de Valores (MV) resulta de duas considerações diferentes e conflitantes que são: o valor para o usuário/consumidor e o valor para o produtor/fabricante do objeto. O produto é o ente através do qual se procura equilibrar o duplo objetivo que se impõe no trabalho com valores: gerar a satisfação, tanto a do usuário como a do fabricante.

A metodologia para analisar valores fundamenta-se em dois conceitos: *valor* e *função*. Assim, para cada problema a MV decompõe o todo e, em seguida, aplica procedimentos específicos que conjugam princípios de administração e economia às tecnologias disponíveis. Isto se consegue empregando-se o chamado Plano de Trabalho.

5.2. Análise de Valores, Engenharia de Valores e Gerência de Valores.

Análise de Valores (AV) e Engenharia de Valores (EV) são termos considerados sinônimos. A metodologia desenvolvida para AV/EV é empregada em áreas como: produtos, processos, trabalhos administrativos, organização, sistemas, etc. Devido a esta abrangência, originou-se o termo Gerência de Valores.

Depreende-se, da similaridade das definições aplicadas em cada área, que AV/EV é um exame sistemático de valores, direcionado a aná-

lise de requisitos funcionais, com o propósito de otimizar as funções essenciais ao melhor custo global, face às imposições da situação.

Quanto à Gerência de Valores, sob o ponto-de-vista das definições apresentadas por Csillag²⁰, pode-se entendê-la como um esforço sistemático e criativo dirigido à identificação e resolução de problemas gerenciais através da análise dos requisitos e funções de sistemas, produtos, especificações, procedimentos, padrões e práticas, consistentemente com critérios para desempenho e planejamento, visando a plena realização das funções requeridas, com o menor custo total e sem degradação.

Para Csillag²⁰, definir o valor de um produto é fixar como meta básica, onde termina o desempenho satisfatório e onde começa o excesso de desempenho. A partir daí, o valor real será diminuído para o usuário.

5.3. Metodologia de valores.

5.3.1. Componentes básicos da metodologia.

Csillag²⁰ alinha quatro componentes básicos:

- . proceder à abordagem funcional;
- . usar a criatividade;
- . desenvolver um esforço multidisciplinar; e,
- . reconhecer e contornar os bloqueios mentais para a aceitação das propostas.

5.3.1.1. Abordagem funcional.

É a base do trabalho metodológico com valores. Consiste na determinação da natureza essencial de uma finalidade, tendo em vista que a existência de um produto é o resultado de um objetivo definido, realizado ou a realizar. A abordagem funcional reduz o projeto a requisitos chamados funções. O processo de defini-las torna-se um método para remover bloqueios.

5.3.1.2. Técnicas de criatividade.

Desde a criação da AV, muitas técnicas ou abordagens para criatividade foram desenvolvidas.

A resolução de problemas, exige a reestruturação de alguma idéia mais antiga, a geração de novas e, ainda, o estabelecimento e uso de alguns padrões, formando novas conexões. O sucesso da resolução reside na capacidade de montar e organizar uma base de idéias, o que inclui a aplicação de técnicas que as combinem, criativamente, às mais variadas informações. Isto é de extrema importância na Metodologia de Valores pois, ao usá-la, leva-se em conta a intercambialidade de recursos com eficácia.

Para a aplicação sistemática de técnicas específicas no desenvolvimento do Plano de Trabalho, Csillag²⁰ recomenda grupá-las assim:

- técnicas de análise global (permitem abordar situações como um todo, hierarquizam os problemas e orientam por qual começar);
- técnicas reestruturantes (representam o problema de um modo que facilite chegar à solução, mostrando novas perspectivas do problema);
- técnicas de geração de idéias (de vital importância na MV, são usadas segundo procedimentos gerais quanto à associação, forçada e/ou livre, com outro elemento);
- técnicas de seleção e avaliação de idéias (para decisões em situação de certeza, risco, incerteza ou conflito);
- técnicas de implementação (colocam em ação a alternativa escolhida, ajustando-a às circunstâncias que podem alterar-se durante o período).

5.3.1.3. Esforço multidisciplinar.

Cada participante na seqüência operacional, do projeto ao produto acabado, é responsável pelos problemas relativos a sua área específica. Porém, ao coordenador do grupo multidisciplinar cabe a gerência do processo como um todo.

Nesse esforço, reúnem-se e confrontam-se todos os conhecimentos especializados e as reais disponibilidades de recursos para a solução

dos problemas. O envolvimento de diversas disciplinas produz um efeito de sinergia que é benéfico para uma equipe.

5.3.1.4. Reconhecimento e contorno de bloqueios mentais.

A decisão de implementar certas idéias não evita a ocorrência de bloqueios, decorrentes de informações erradas ou de uma visão errada. Sempre ocorre certa resistência a mudanças, mesmo que as possibilidades de melhoras sejam efetivas. Em uma análise de valores, é essencial remover barreiras. Para alcançar mais facilmente os resultados esperados, afora outras coisas, requer-se a superação de convicções históricas, identificadas através de respostas do tipo:

"Nós conseguimos um lucro razoável com estes componentes."

"Nós sempre fizemos isto desta maneira."

"Os usuários não vão gostar disto."

"Não existe melhor material/projeto/processo?";etc.

Interessa, portanto, identificar os bloqueios, em separado, abordando-os de maneira eficaz, pois a visão reducionista (chela de objeções) impõe fortes limitações à efetiva utilização da metodologia de valores como fator tecnológico. Em muitas pessoas, as objeções são formas de solicitar mais informações.

Evitar generalizações nas várias etapas de um programa de valores é outra barreira a ser vencida. Na geração de opções, na consulta a fornecedores e especialistas, etc., usam-se e aceitam-se generalizações com fins de estimar valores. Entretanto, declarações como "o projeto global e os produtos foram analisados pela nossa melhor equipe" nunca devem ser aceitas sem uma justificativa completa. Cada situação deve ser examinada meticulosamente.

5.3.2. O conceito de valor.

Para Aulete⁵¹, valor é a proporção entre uma quantidade que se dá e outra que se recebe em troca. Esta proporção é determinada pelas necessidades, segundo a utilidade que provém do emprego de uma coisa ou de uma parte dela.

Em Koogan-Larousse⁷², valor é a explicação que se faz da importância ou serventia de um bem, não devendo ser confundido com preço.

Pela Enciclopédia Delta Universal⁶⁴, um produto terá valor se apresentar utilidade, isto é, se tiver o poder de satisfazer desejos/necessidades; nenhum produto terá qualquer valor se aqueles que o desejam não têm algo para trocar por ele. Assim, valor deve ser uma comparação entre determinada coisa e outra, inclusive economicamente.

O grau de aceitação de um produto pelo usuário condiciona o seu valor e, portanto, o índice final do valor econômico. Então, pode-se dizer que *valor é o atributo que justifica a obtenção de um produto para uso.*

Muitos tipos de valores podem ser considerados, como por exemplo: econômico, estético, social, ético, político, religioso e judicial. Todavia, na metodologia de valores (MV) usa-se basicamente o valor econômico, que por seu lado compreende quatro espécies:

- . valor de uso: medida referida a alguma unidade, monetária ou não, das propriedades ou qualidades que possibilitam o desempenho em uso, de um produto;
- . valor de estima: medida referencial, monetária ou não, das propriedades, características ou atratividades que tornam desejável a posse de um produto;
- . valor de custo: necessidade total de recursos, monetários ou não, para produzir/obter um produto;
- . valor de troca: medida referencial, monetária ou não, das propriedades ou qualidades que possibilitam a troca de um item por outra coisa.

De acordo com o trabalho de Maramaldo³⁶, idealizou-se o hexagrama da fig. 8, característico do valor, sob o ponto-de-vista do usuário e do produtor. Note-se que qualidade e quantidade do produto são condições-chaves para otimização do valor e conseqüente satisfação das duas partes re-

lacionadas com o produto, ou seja, o usuário e o produtor. O valor é ainda, para o produtor, função do custo total para fabricar e vender e do lucro que é possível se obter. Por outro lado, para quem adquire e usa, o valor de um produto advém de uma combinação subjetiva sobre: capacidade de desempenho funcional, preço pago, durabilidade e ofertas de produtos similares no mercado.

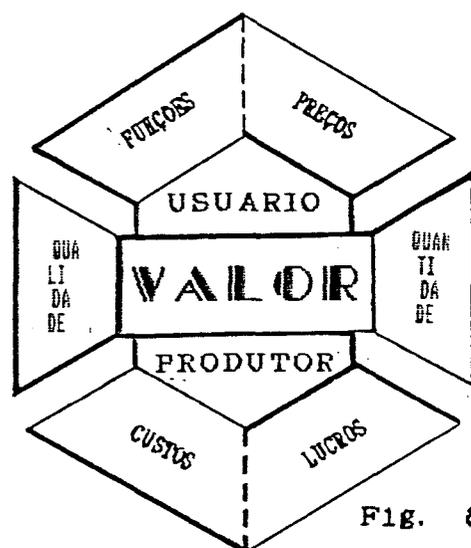


Fig. 8

É uma idéia incorreta pensar que o valor obtido através da metodologia de valores, isto é, por meio da análise de funções, é simplesmente um método de redução de custos. A diferença entre uma e outra metodologia, diz Csillag²⁰, está em que a AV/EV/GV se constitui em um esforço para identificar e selecionar o método para obter o custo que possa satisfazer as necessidades funcionais adequadas (objetivas e subjetivas). Gerar uma idéia que resulte apenas em um menor custo para atingir um requisito do produto, não corresponde aos objetivos da metodologia de valores. Muito embora a idéia possa até ser o melhor valor, não houve tentativa para determinar se, de fato, ela representa o melhor valor de um conjunto de opções ou se os requisitos do projeto de um produto, sendo satisfeitos, representam o real problema.

5.3.2.1. A equação do valor.

Segundo o manual de EV do Departamento de Defesa dos EUA²⁵, valor é a relação entre valor-padrão e custo real, sob o ponto-de-vista do usuário, a luz de suas necessidades e recursos, numa dada situação. A razão entre valor-padrão e custo real é a principal medida do valor. Assim, a equação do valor pode ser usada para obter um índice de valor (adimensional) como segue:

$$\text{Índice de valor} = \frac{\text{valor-padrão}}{\text{custo real}} = \frac{\text{valor de utilidade}}{\text{custo real}}$$

Nota: valor-padrão e custo real são expressos na mesma unidade de referência (CZ\$; US\$; homens/hora; UEP's: unidades de esforço de produção; tempo gasto para executar a função; horas/máquina; nível hierárquico ou número de pessoas envolvidas no exercício da função; etc.).

O índice final do valor econômico é uma entidade relativa e deve retratar os efeitos de diversos fatores. Albuquerque¹ sugere formas de combinar tais fatores, visando a obter tipos específicos de valores econômicos. Estes, para os limites que envolvem a situação, são considerados valores-padrões.

Valor-padrão é o mínimo gasto requerido para prover as funções necessárias para o usuário e, custo real, é o total de recursos requeridos para adquirir e utilizar as funções especificadas, sendo, para o produtor/vendedor, o total de gastos atribuídos ao produto.

Portanto, o valor-padrão indica quanto deve, confiavelmente, custar o desempenho das funções requeridas em um produto, além de servir como base para comparação com os custos reais.

- Pela equação, observa-se que o valor pode ser aumentado ao se:
- . melhorar a utilidade de alguma coisa sem alterar o custo;
 - . manter a mesma utilidade pelo menor custo; ou,
 - . combinar utilidade melhorada com decréscimo no custo.

Obtém-se o valor ótimo quando todos os critérios de utilidade são reunidos ao menor custo global.

Como é inaceitável alguma coisa que faça menos do que a capacidade funcional requerida, torna-se inútil e dispendioso tudo aquilo que está acima do requerido. Também para uma edificação ou parte sua, a medida do seu valor deve ser uma estimativa econômica correspondente a otimização dos recursos necessários ao cumprimento dos requisitos e critérios de desempenho para ela definidos. Estes são ajustados com as funções requeridas e estabelecidas segundo a finalidade da edificação, visando a atender às necessidades dos usuários.

5.4. Análise funcional.

Núcleo vital de um estudo de valores, a abordagem funcional tem como objetivo primário facilitar a descoberta de meios alternativos para alcançar o desempenho desejado.

A análise funcional em um programa de valores visa, conforme exposto em O'Brien⁴¹, a responder a indagações tipo:

- . O que é isto?
- . O que isto faz?
- . O que é necessário fazer?
- . Quanto isto custa?
- . Qual é o seu valor?
- . O que mais isto poderia fazer?
- . Quanto, esse mais, significa em termos de custo?
- . Como satisfará as necessidades/desejos dos usuários? Satisfará as necessidades do(s) produtor(es)?
- . O que é necessário para implantá-las?

Por conseguinte, a análise funcional é o exercício do questionamento. Aplica-se sobre um produto, ou parte dele, através de um Plano de Trabalho. Caso o produto seja tido como um grande sistema, na prática é comum dividi-lo em subsistemas, ou níveis hierárquicos. A análise funcional processa-se, então, do topo até alcançar o nível mais baixo. Em cada nível, porém, aplicam-se os procedimentos funcionais relativos a: identificação e descrição das funções do produto, classificação das funções e avaliação das funções quanto à realização e ao custo, todos abordados nos próximos itens.

5.4.1. Função.

Ao começar a analisar valores, Miles³⁸ se perguntou: "O que isto faz? Qual a sua função?". Isto o levou a entender que não bastava a um produto existir mas, e principalmente, que ele só se justificaria pelas funções a que se destinava. Ai estava o fundamento da metodologia: operar sobre funções.

Assim, especificamente, a decomposição de um produto em funções tem por objetivo o exame detalhado do valor de cada uma delas.

O conceito de função é essencial para a utilização da metodologia de valores. Eis algumas definições:

"Uma função é o objetivo de uma ação, ou de uma atividade que está sendo desempenhada; não é a própria ação. Visa a um resultado que deve ser conseguido, enquanto a ação é um método para realizar o objetivo", expõe Csillag²⁰ que, com base na pesquisa Wilcock, também cita estas definições:

- 1. função é a característica a ser obtida do desempenho de um produto, se o produto realizar sua finalidade, objetivo ou meta. E a finalidade ou motivo da existência de um ou parte de um produto; função é a característica de um produto que atinge as necessidades e desejos do comprador/usuário;
- 2. função é a característica de desempenho a ser possuída por um produto para funcionar ou vender."

Para Bonsiepe⁴², função é sinônimo de propósito de um produto e de seus componentes, sendo assim descrita: "Serve para (verbo + substantivo)".

No manual do Dep. de Defesa dos EUA²⁵, função é definida como o propósito específico ou o uso pretendido para alguma coisa. Ela descreve o que tem que ser realizado.

As funções de um produto, diz Maramaldo³⁶, são as tarefas ou usos para os quais esse produto é feito ou destinado.

Em linhas gerais: função é toda e qualquer atividade que um produto (ou parte dele) realiza, sob determinadas condições de exposição e critérios, e torna possível satisfazer a usuário(s)/produtor(es).

5.4.2. Identificação e descrição de funções.

As funções devem ser identificadas e descritas como um todo.

A ação de identificar funções consiste em se precisar o que há de básico em um produto ou em tudo o que estiver sob a mesma idéia nele. O ato de descrever consiste em uma exposição pormenorizada do identificado, sempre por meio de um verbo e um substantivo. É um processo difícil, que exige precisão de raciocínio e no qual todo esforço deve ser concentrado. Corretamente identificadas e descritas, as funções são um dos elementos mais importantes na MV.

Ao identificar e descrever, importa ter em mente questões como:

- . O que se deseja realmente fazer, desenvolvendo-se a ação?
- . Por que é necessário fazer isso?
- . Por que o produto é necessário?, etc., que conduzem a uma definição das funções com vistas à criatividade, explica Csillag²⁰. Este autor completa: "se a função em estudo não der margem a pensamento criativo, o analista deve recorrer a perguntas do tipo:

- . O que se está tentando fazer?
- . Por que ?
- . Como isso pode ser feito?"

Algumas vezes pode-se confundir uma função com uma característica ou especificação do produto, acrescenta Maramaldo³⁶. Quando isto ocorre, normalmente o verbo é ser, ter ou estar. Em uma função objetiva não cabem tais verbos.

5.4.3. Classificação das funções.

As funções podem ser agrupadas em três classes:

- . classe 1: - básicas e, - secundárias;
- . classe 2: - uso e, - estima;
- . classe 3: - necessárias e, - desnecessárias.

Na classificação, deve-se questionar tanto o ponto-de-vista do usuário como o do produtor.

A seguir é apresentado o que caracteriza cada tipo de função.

Função básica: corresponde a finalidade para que o produto é fabricado/produzido/construído; sem ela, o produto perde o seu valor e, em alguns casos, a própria identidade.

Função secundária: existe para possibilitar o trabalho da função básica e/ou das demais funções secundárias, ou para adicionar valor ao produto.

Função de uso: viabiliza a realização do objetivo existencial do produto (ou parte dele), pois está intimamente relacionada com as tarefas requeridas pelo(s) usuário(s) ou pelo(s) produtor(es); gera o valor de uso e define-se com um verbo e um substantivo mensurável. Ex.: transportar água, refletir luz, transferir força, etc.

Função de estima: provoca a vontade de posse do produto por parte dos usuários por traduzir beleza, prestígio, estética, etc.; por ser uma expressão subjetiva de relações qualitativas, define-se por meio de um verbo e um substantivo não mensurável. Ex.: melhorar acabamento, aumentar beleza, etc.

Função necessária: propicia as condições exigidas para que o produto (ou parte sua) comporte-se como esperado pelo usuário, a fim de que, efetivamente, sejam satisfeitas suas necessidades/exigências.

Função desnecessária: corresponde a execução de uma atividade pelo produto (ou parte sua), para a qual o usuário não atribui valor ou dela não faz uso; o produtor/construtor dela não precisa para a fabricação/construção ou a venda do sistema edificação, apesar de incluí-la implicitamente sem justificativa.

Alguns autores, ainda consideram funções do tipo:

Função construtiva: decorre da necessidade de se realizar um produto com tecnologia específica.

Função contingencial: imposta por normas, regulamentos, etc.

As diversas funções podem ser identificadas, descritas e classificadas, relacionando-as numa planilha apropriada. Assim:

Quadro 4 - Modelo de planilha para avaliação de funções.

Item	Função (verbo + subst.)	Bas/Sec	Nec/Desn	Uso/Est	Unid.
Porta :	isolar ruídos :	S :	N :	U :	decibel :
Quarto de dormir :	permitir privacidade :	B :	N :	U :	número pessoas :
:	:	:	:	:	:

Depois que se obtiver a descrição exata (verbo + substantivo) das funções básicas e secundárias, definem-se as dimensões do substantivo. Seja a função aplicar força: as unidades de força têm que ser quantitativamente especificadas como, p.ex., 10 Newtons.

5.4.4. Avaliação funcional.

É de fundamental importância na análise de funções.

Na avaliação funcional só se leva em conta as funções que o produto exerce: não o material em si ou tampouco a relação produto/matéria-prima.

Quais são as funções básicas e secundárias?

Qual o custo de cada função?

Que valor têm estas funções para quem fabrica o produto? E para o usuário? Será este valor condizente com os custos?

De quantas outras formas pode ser desempenhada a função básica?

Quanto custarão essas outras formas?

Estas são questões que reforçam que o enfoque central da MV está nas funções do produto e nos custos a elas associados, o que representa sua diferenciação de qualquer técnica de redução de custos.

A figura 9, conforme Maramaldo³⁶, distingue bem as duas metodologias.

<i>Visão tradicional</i>		<i>Enfoque da Metod. de Valores</i>	
<i>C</i>	Matéria-prima	<i>C</i>	Função principal
<i>U</i>		<i>U</i>	
<i>S</i>	Mão-se-obra	<i>S</i>	Funções secundárias
<i>T</i>		<i>T</i>	
<i>O</i>	Despesas Gerais	<i>O</i>	Funções desnecessárias
<i>S</i>		<i>S</i>	

<i>Onde o custo se localiza?</i>	<i>Por que existe o custo?</i>
----------------------------------	--------------------------------

Figura 9 - Distinção da MV para as técnicas de redução de custos.

Além da análise qualitativa das funções, é necessário quantificar a realização de cada função, ou seja, verificar as funções de modo que não haja interferência nem dúvidas quanto às reais atividades realizadas pelo produto. Assim, várias opções devem ser geradas, algumas vezes testadas e quantificadas, para se proceder à escolha daquela que melhor otimize o valor que satisfaça à função.

Maramaldo³⁶ destaca que a avaliação verifica-se em dois níveis:

- . *Avaliação quanto à realização:* o que o usuário espera do produto? Suas necessidades e ansiedades são plenamente satisfeitas? Quer dizer: todas as funções que o usuário julga necessário, estão efetivamente sendo executadas ou oferecidas pelo produto? E quanto ao produtor? Não estará o objeto executando funções menos importantes para o usuário em prejuízo da plena realização de funções mais importantes? Em outras palavras, há uma hierarquia claramente estabelecida para as funções, e que deve ser respeitada pelo produto?
- . *Avaliação quanto ao custo:* toda função deve ser analisada a fim de que se estabeleça o seu custo (seja em unidades monetárias, em tempo, em número de pessoas envolvidas, etc.) para uma determinação precisa, e clara interpretação do seu valor; assim, o custo de todas as funções deve corresponder ao custo total de fabricação do produto, independentemente de que existam funções às quais nenhum custo estará alocado (pode até mesmo ser a básica), de que existam aquelas onde o custo poderá superar a expectativa ou ainda as que o custo estará em acordo com as variações previstas pela equação do valor da função.

5.4.5. Diagramação FAST.

Se a análise de funções de um produto torna-se uma tarefa muito difícil face a sua complexidade, recorre-se a meios auxiliares para se executar a análise. O mais eficiente desses meios é a diagramação FAST (Function Analysis System Technique).

O FAST é um processo de raciocínio lógico sobre a análise de funções que objetiva apresentar graficamente o inter-relacionamento entre as funções que um produto comporta. A utilidade desse inter-relacionamento depende da necessidade ou do propósito para o qual o diagrama é desenvolvido.

O anexo I contém alguns dos diagramas FAST encontrados na literatura técnica da MV. Todos são aplicáveis à área de edificações. Assim, dependendo do tipo de situação ou de problema em estudo, basta verificar qual é o mais adequado.

5.5. O Plano de Trabalho.

Desde a sua criação, o uso da metodologia de valores tem dado origem a vários Planos de Trabalho. Estes objetivam facilitar o desenvolvimento dos programas de valor, segundo os propósitos das áreas em que se aplicam.

Os esforços na metodologia de valores se realizam segundo uma variação do método científico. Esta variação, denominada Plano de Trabalho, é cuidadosamente executada por um grupo de elementos dos setores envolvidos com projeto, custeio, produção e venda do produto. É fundamental que o processo seja bem coordenado como um todo pois impõe reavaliações permanentes para evitar que se perca o controle.

Um bom exemplo é o Plano de Trabalho proposto pelo Departamento de Defesa²⁵ dos Estados Unidos, também mencionado em Csillag²⁰, mostrado no quadro 5. Nele constam-se as questões a serem abordadas e as condições que caracterizam a aplicação das técnicas a serem usadas em cada etapa.

A sistemática geral de um Plano de Trabalho compreende:

- . coleta e análise de informações
- . abordagem funcional
- . geração/seleção de idéias

implementação,
em uma série de etapas cuja repetição varia com as circunstâncias.

Quadro 5. Plano de Trabalho conforme DoD Handbook 5010 8-4,1968

1. Orientação	2. Informação				
-O que está sendo estudado?	<p>-O que é?</p> <p>-O que faz?</p> <p>-Quanto custa?</p> <p>-Quanto vale?</p> <p>.Junta todos os fatos.</p> <p>.Conseguir informações da melhor fonte.</p> <p>.Reduzir todos os custos disponíveis.</p> <p>.Quantificar cada idéia (Cz\$).</p> <p>.Trabalhar com fatos específicos e não com generalidades.</p> <p>.Usar boas relações humanas.</p>	<p>3. Especulação</p> <p>-O que mais faz o trabalho?</p> <p>.Tentar tudo.</p> <p>.Eliminar funções.</p> <p>.Simplificar.</p> <p>.Desestruturar e criar.</p> <p>.Usar técnicas de criatividade.</p>	<p>4. Análise</p> <p>-Quanto custa?</p> <p>-Qual é o preço caro?</p> <p>.Quantificar as principais idéias (Cz\$).</p> <p>.Avaliar por comparação.</p> <p>.Avaliar por função.</p>	<p>5. Desenvolvimento</p> <p>-Vai funcionar?</p> <p>-Vai obedecer requisitos?</p> <p>-O que fazer agora?</p> <p>-O que é necessário implantar?</p> <p>.Junta fatos convincentes.</p> <p>.Usar o próprio julgamento.</p> <p>.Traduzir fatos em ações significativas.</p> <p>.Usar produtos especializados.</p> <p>.Usar padrões.</p> <p>.Trabalhar com fatos específicos e não com generalidades.</p>	<p>6. Apresentação e seguimento</p> <p>-O que é recomendado?</p> <p>.Selecionar a primeira escolha.</p> <p>-Quem vai aprovar?</p> <p>-O que foi feito?</p> <p>-Quanto vai economizar?</p> <p>-O que é necessário para implementar?</p> <p>-Fazer a apresentação oral; escrita.</p> <p>.Usar boas relações humanas.</p> <p>.Despender o dinheiro da empresa como se fosse o nosso.</p>
					.Vender a proposta.

A flexibilidade depende da aplicação conduzida pela equipe. Um Plano de Trabalho flexível deve propiciar o máximo resultado com um mínimo de esforço. Isto se alcança ao se realizar a análise de cada etapa somente após uma minuciosa execução das anteriores.

Ao longo das etapas, a alternância de várias técnicas exige raciocínios convergentes e divergentes.

Em um problema tratado como um sistema aberto e abordado com raciocínio divergente, é maior a possibilidade de se encontrar uma solução mutuamente satisfatória a produtor e usuário. Todavia, na maioria das vezes, opta-se por aplicar técnicas que abordam o problema de

modo mais fechado, com resultados mais modestos mas garantidos. Daí o comentário de Csillag²⁰ de que "uma mesma situação problemática pode ser reconhecida como aberta para certas pessoas e fechada para outras ... Torna-se fundamental perceber e explicar a natureza de um problema aberto e os tratamentos possíveis para abordá-lo ... nos problemas abertos as soluções são freqüentemente inesperadas quanto à lógica, e não podem ser aprovadas nem desaprovadas, ao contrário dos problemas e das demonstrações típicas dos problemas fechados".

5.5.1. Etapas do Plano de Trabalho.

A seguir descrevem-se as etapas de um Plano de Trabalho adaptado das metodologias da VDI/DIN, da SAVE e do Dep. de Defesa dos EUA²⁵.

Orientação: providenciar medidas preparatórias.

- * Expor a situação, levantando-se as seguintes perguntas:
 - que deve ser melhorado?
 - quais são as necessidades dos usuários/consumidores?
 - quais as características desejáveis dos componentes?
- * Identificar e escolher o(s) produto(s) propício(s) A aplicação da MV, definindo-se o que se pretende com a análise: melhoria do desempenho, redução de custos, simplificação, etc.
- * Determinar e quantificar o objetivo a ser atingido. <
- * Selecionar representantes das áreas envolvidas.
- * Elaborar o plano das atividades do grupo e verificar se a decisão para escolha da opção é de competência do grupo de trabalho.

.....

Informação: conhecer a situação atual.

- * Coletar, e manter disponível, informações do produto relativas a: demanda; ciclo de vida; concorrência; catálogos, literatura, etc.; folhas e cálculos de custos por operação; produção própria ou externa; desenhos e especificações técnicas e operacionais; possibilidade de amostras do produto em estudo; detalhes das especificações da empresa e dos usuários; etc.
 - * Identificar, descrever (verbo+substantivo) e classificar (Básica/Sec.; Uso/Estima;Necessária/Desnec.) todas as funções.
 - * Determinar quanto custa ao produtor a realização das funções identificadas.
-

Análise Crítica: examinar a situação atual.

- * Examinar o entrelaçamento das funções e os interesses do produtor e do usuário.
 - * Eliminar funções desnecessárias.
 - * Proceder à crítica, verificando se há o pleno atendimento (custo e valor) das funções para o usuário.
 - * Isolar funções críticas ou funções-problemas.
-

Criação: obter opções.

- * Sugerir idéias novas e alterações.
 - * Questionar qualquer aspecto do produto.
 - * Registrar sugestões.
 - * Elaborar lista de verificação.
 - * Selecionar/agrupar idéias.
-

Planejamento: apresentar/implantar solução proposta.

- * Trabalhar intensamente as opções selecionadas.
 - * Escolher e propor uma opção para implementação.
 - * Planejar e acompanhar, de modo sistemático, a implantação da opção escolhida.
-

Sumário

Em muitos casos, a decisão final sobre a adoção de uma mudança particular ou modificação dos produtos, não pode ser feita nem pela equipe nem mesmo pelo chefe. Torna-se, então, necessário apresentar o resultado do programa e a documentação à pessoa designada para tal.

5.5.2. Exemplos de planos para construções civis e instalações.

A seguir, extraídos de Csillag²⁰, são apresentados três Planos de Trabalho da Metodologia de Valores propostos para aplicação no campo de construções civis e de instalações.

Autor: *Public Building Service/GSA*; Manual P-8000.1; ano: 1972.

Autores: *Macedo, Dobrow e O'Rourke*; ano: 1978.

E t a p a s	1. orientação 2. informação 3. especulação 4. análise 5. desenvolvimento 6. apresentação 7. implementação 8. seguimento.	E t a p a s	1. informação 2. especulação 3. análise 4. desenvolvimento 5. apresentação 6. seguimento e implementação.
----------------------------	---	----------------------------	--

Autores: *Hart, Zimmerman e Wohlscheid*; ano: 1979. *Etapas:*

Pré-estudo:

1. coordenação do projeto;
2. preparação;
3. confecção do modelo de custo.

Estudo:

1. orientação;
2. informação;
3. criação;
4. julgamento;
5. desenvolvimento;
6. implantação.

Pós-estudo:

1. relatório;
2. aceitação final.

5.6. Efeitos da MV na indústria da Construção Civil.

A Metodologia de Valores (AV, EV, GV) ainda não ganhou o destaque necessário no Brasil, seja por desconhecimento ou por falta de interesse na sua divulgação pelos poucos que a conhecem. Devido a nossa estratificação cultural e social, aos níveis de escolaridade, à personalidade, à alta capacidade de criação e de crítica do brasileiro, como cita Maramaldo³⁶, e As características das empresas do setor de Construção Civil, um programa de trabalho de MV nas empresas de Construção Civil poderá melhorar substancialmente o desempenho dos produtos e a produtividade nas empresas. Aliás, a produtividade é um dos aspectos que têm grandes possibilidades de sucesso através da MV.

Do ponto-de-vista de projeto e avaliação, a análise de um produto deve, segundo Bonsiepe¹², satisfazer a todos os fatores determinantes da qualidade global como:

- . praticidade e segurança no uso;
- . facilidade de manutenção e preparação;
- . versatilidade;
- . durabilidade;
- . preço adequado...

Na tentativa de levar a MV à Construção Civil, ou esta a MV, a função específica do analista de valores impõe-se para:

- . participar no planejamento do projeto;

- . participar na formulação dos requisitos do Plano de Trabalho;
- . analisar comparativamente os produtos existentes;
- . realizar a busca de informações técnicas (patentes, etc.);
- . avaliar as opções/alternativas;
- . desenvolver anteprojetos, isto é, concretizar de forma visível uma proposta;
- . desenvolver o projeto em detalhe;
- . participar na formulação de processo de fabricação/produção;
- . contribuir à racionalização da produção;
- . participar de estudos ergonômicos;
- . e, muitos outros que surgem das estratégias de desenvolvimento tecnológico-industrial, tanto para mercados internos como para mercados externos, e que se manifestam em termos de inovação do produto, inovação de processos, geração de novos produtos/tecnologias...

As razões predominantes para aplicação da MV, segundo estudos do Dep. de Defesa dos EUA²⁵, são:

- . reconhecimento de avanços tecnológicos;
- . exame e uso de valor em vez de especificações;
- . aplicação de experiências adicionais em projetos, idéias e informações disponíveis, não utilizadas antes;
- . reconhecimento de mudanças nas necessidades dos usuários;
- . projeto composto para valor;
- . reciclagem conforme teste de campo (avaliação) e/ou uso;
- . deficiências de projeto.

Na literatura pesquisada sobre a metodologia para análise de valores, há citações de que geralmente se obtém melhores resultados quando se aplica a metodologia em produtos em fase de criação, antes que os investimentos de implantação sejam efetuados. É menos dispendioso modificar desenhos ou manuais do que partes constituintes, ferramental, equipamentos, etc.

No decorrer da explanação da MV viu-se que o seu enfoque está centrado no estudo das funções de um objeto, nas quais se aplica o conceito de valor econômico, traduzido em termos de um índice de valor. O exame dos valores de um produto respeita às funções requeridas.

Por outro lado, uma das formas de avaliar o comportamento de um objeto é quantificar critérios baseados no conceito de desempenho,

que também pode se realizar através do estudo das funções do objeto, como visto no item 4.7.

As duas metodologias se apóiam no conceito de função e apresentam um desenvolvimento de caráter sistêmico; cabe, então, como próximo passo, organizar uma base conceitual que permita combinar a noção do valor às características do conceito de desempenho, aplicando a abordagem funcional.

Capitulo VI

METODOLOGIA DE VALORES E DESEMPENHO PROPOSTA PARA EDIFICAÇÕES.

Ao mesmo tempo em que se propõe, para a Construção Civil, uma base metodológica apoiada nos conceitos de função, desempenho e valor, com ela procurar-se-á, também, um modo para aumentar e organizar o intercâmbio de informações entre os envolvidos nos processos de produção de edificações.

A organização desta base conceitual visa sistematizar meios para expressar uma realidade para algo (sistema-edificação ou parte) que, conforme Blanchard & Fabrycky⁹, ainda não exista em termos de configuração desejada ou de funções desenvolvidas.

Seguindo os fundamentos da Teoria dos Sistemas, combinar-se-ão os modelos de valores e desempenho tal que a metodologia resultante possa representar/traduzir, de uma forma integrada, a edificação (ou parte) requerida. Ao mesmo tempo procurar-se-á um modo de conjugar as condições para desenvolver/conduzir cada etapa do processo produtivo, segundo a realidade existente na evolução do ciclo de vida do edifício. O esforço empreendido se volta para a definição dos objetivos da entidade ou sistema sob estudo e a proposição de soluções que correspondam à satisfação dos diversos níveis de exigências (melhoria de custos, qualidade, segurança, conforto...) dos envolvidos (usuários e produtores) com a edificação.

A amplitude da metodologia deve se manifestar não só pela identificação e resolução de problemas mas, sobretudo, pela forma como a solução apresentada deve ser operada como uma alternativa de gerenciamento no processo de produção de edificações. Isto, como se pode

deduzir dos trabalhos de Aral², Dell'Isolla^{22,23}, Diepeven²⁶, Law³² e Pedersen⁴³, basicamente implica em:

- . direcionar os trabalhos do processo de produção rumo às metas requeridas e definidas;
- . obter índices de valores (desempenhos x custos) considerando aspectos de utilidade e simbólicos, que capacitem e orientem o GT, os usuários e os produtores na escolha de uma dentre muitas propostas; e,
- . promover e aumentar a comunicação entre os participantes do GT e entre os usuários e os produtores.

No campo da produção de edificações, a metodologia visa a proporcionar condições a um GT para enfrentar questões como:

- . Que parâmetros deverão ser incluídos para a definição e o planejamento de uma proposta de solução?
- . Que tipo de relacionamento existe entre eles?
- . Que critério de avaliação será usado?

Na Construção Civil, tanto estas como muitas outras dúvidas, perguntas e problemas requerem um sistema de informações e uma base de dados que permitam solvê-los de modo interativo. Pensando nisto é que se expõe, subseqüentemente, as características básicas e as etapas para o desenvolvimento de uma Metodologia de Valores e Desempenho (MVD) orientada para o processo produtivo de edificações.

6.1. Base conceitual.

A conceituação para uma Metodologia de Valores e Desempenho deve se basear, analisando os trabalhos de Aral², Blach^{6,7}, Diepeven²⁶, Harrison^{28,29}, Law³³, Litaudon³⁴, Pedersen⁴³ e Dandri & Szoke²¹, em uma aglutinação e inter-relacionamento de:

- . contextos possíveis para o sistema-edificação (ou parte), e suas variáveis;
- . modelos do produto edificação (ou parte), com os possíveis processos e as variáveis de projeto;
- . modelos de desempenho, com as variáveis de desempenho;
- . um modelo de custos, com as variáveis de custos.

Tal aglutinação se torna possível sistematizando-se os referidos modelos sob as seguintes condições:

- . definir os desempenhos esperados, em termos de requisitos dos usuários;
- . definir os desempenhos esperados para os subsistemas da edificação em termos do desempenho esperado para o edifício como um todo (quer dizer, estabelecer um sistema adequado de classificação para definir o sistema edificação e seus subsistemas);
- . determinar os possíveis ativos (bens) da edificação;
- . determinar todos os gastos necessários para construir;
- . determinar os custos dos subsistemas da construção, em termos de custo total (estabelecer um sistema de classificação adequado para os custos do edifício e de seus subsistemas);
- . compatibilizar as características de qualidade através do relacionamento entre os desempenhos das entradas disponíveis (partes constituintes da edificação) com os desempenhos esperados para estas entradas (desempenhos disponíveis/desempenhos esperados);
- . compatibilizar os valores das entradas disponíveis com o real desempenho delas (valores das entradas/desempenhos disponíveis);
- . compatibilizar os valores das entradas disponíveis com os desempenhos esperados (valores das entradas/desempenhos esperados).

Na realidade, as condições variam em função das peculiaridades de cada situação. Mas, em linhas gerais, do ponto-de-vista sistêmico de valores e desempenho, em cada aplicação elas devem ser enunciadas em termos de "o que precisa ser feito", conjugando-se concepções de custos e benefícios esperados com um modelo de desempenho. Paralelamente, classificam-se e representam-se os subsistemas da edificação em termos de um modelo de objeto (identificação dos subsistemas do modelo para um dado desempenho do modelo).

6.2. O Plano de Trabalho.

A partir do delineamento das condições a serem atendidas pelo sistema-edificação, traduzidas em termos de requisitos e critérios de valores e desempenhos, o propósito passa a ser o de procurar possíveis mudanças, promovendo-se estudos de funções e valores, compatibilizados sob os critérios de desempenho esperados. Tais condições são

analisadas detalhadamente em cada etapa do Plano de Trabalho sobre o conjunto das funções identificadas.

Isto significa que uma metodologia de valores e desempenho abrange procedimentos sistemáticos para correlacionar as atividades de descrição de desempenhos para o sistema-edificação (ou para alguma atividade que está sendo desenvolvida nele), para obter e analisar índices de valores e para calcular os custos para as diferentes opções geradas. Após a obtenção do custo unitário para o nível de desempenho desejado, as opções são comparadas, selecionando-se a que apresentar o melhor índice multicriterial global, de acordo com critérios estabelecidos para este fim.

Estas atividades se desdobram em fases, conforme o Plano de Trabalho desenvolvido para a Metodologia de Valores e Desempenho proposta, resumido no Quadro 6, cujo fluxo lógico está mostrado na Figura 10.

Quadro 6 - Desdobramento da Metodologia de Valores e Desempenho.

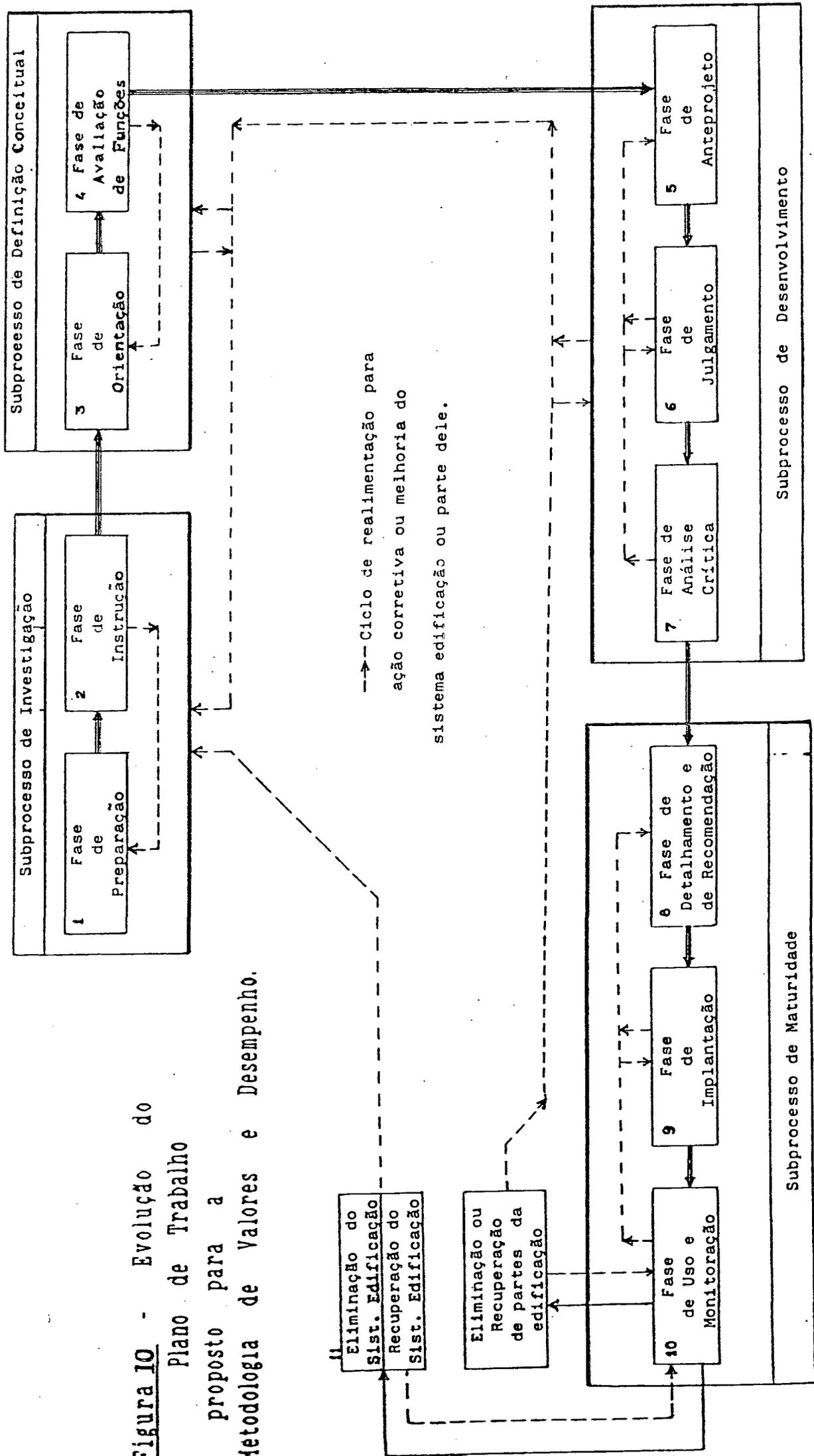
Subprocessos	Fases
Investigação	Preparação, Instrução;
Definição conceitual	Orientação, Avaliação de Funções;
Desenvolvimento preliminar	Anteprojeto, Julgamento, Análise Crítica;
Maturidade	Detalhamento e Recomendação, Implantação, Monitoração.

Na organização do Plano de Trabalho considera-se a evolução do ciclo de vida da edificação. Os subprocessos representam uma concentração de esforços. Cada etapa apresenta características próprias, segundo a lógica do fluxo evolutivo.

Para a aplicação dos princípios da MVD na indústria da construção, é essencial um entendimento do ciclo de vida do processo produtivo da edificação, o qual parte da identificação inicial das necessidades (problemas) e se estende através da pesquisa, planejamento, produção/construção, avaliação, uso da edificação (manutenção e operação), apoio de campo e também, quando for o caso, a eliminação da edificação.

Visando a aplicação de uma MVD, a seguir descrevem-se os subprocessos e suas fases.

Figura 10 - Evolução do Plano de Trabalho proposto para a Metodologia de Valores e Desempenho.



6.3. Subprocesso de investigação.

Neste subprocesso, através de um grupo multidisciplinar de técnicos e a participação de usuários e de produtores:

- . definem-se as necessidades dos usuários e produtores;
- . levantam-se os problemas a serem analisados;
- . coletam-se as informações e os fatores influentes relacionados ao processo produtivo.

Este subprocesso constitui-se em um conjunto de atividades distribuídas por duas fases, preparação e instrução, onde são definidas as diretrizes do ciclo de vida do processo de produção e onde, também, relacionam-se parâmetros que permitirão o desenvolvimento dos demais subprocessos. Aos usuários e aos produtores cabe a função de fornecer informações a respeito das suas necessidades. Ao GT cabe a atribuição de traduzir estas informações em termos técnicos, utilizáveis pelos demais participantes do processo.

6.3.1. Fase de preparação.

Atividades básicas:

- . constituir um grupo-tarefa (GT) para condução dos trabalhos;
- . identificar as necessidades dos usuários e dos produtores;
- . identificar os agentes ambientais relevantes;
- . definir os problemas (onde iniciam e terminam, o que é incluído e excluído, interfaces e interações aceitas como parte do problema) e escolher critérios para hierarquizá-los;
- . estabelecer metas, determinar prioridades e aprovar início do projeto;
- . seleccionar o produto para a MVD (o sistema-edificação ou apenas parte dele);
- . expressar os objetivos qualitativos e determinar os que podem ser definidos quantitativamente, para cada problema a estudar;
- . elaborar um Plano de Trabalho para o objeto em estudo.

A maioria das atividades de engenharia objetiva produzir, satisfatoriamente, um sistema que se realizará de maneira efetiva e eficiente. Isto usualmente requer um esforço em equipe (usuários e diferentes pessoas de engenharia e de apoio) integrada de alguma forma numa estrutura com a responsabilidade de realização deste objetivo. O

dem sucedido cumprimento desta responsabilidade depende da interpretação organizacional usada e das decisões gerenciais tomadas para todo o ciclo de vida do sistema.

O início de qualquer ciclo acontece a partir do momento em que qualquer necessidade é sentida em toda a sua extensão e uma solução passa a ser desenvolvida. Entretanto, é preciso estar sempre questionando sobre a possível ocorrência de alguma necessidade, mormente sob a influência de fatores relegados a planos inferiores. Portanto, constatada a existência de uma necessidade, cabe desenvolver um processo para identificá-la de forma objetiva.

No caso particular da investigação das necessidades relacionadas às edificações, paralelamente levantam-se possíveis condições e influências ambientais que podem ocorrer e afetar o sistema-edificação ao longo do seu ciclo de vida.

A identificação deve ser feita através do conjunto de levantamentos das atividades desenvolvidas por um grupo típico de usuários e de produtores, e dos fatores que poderão influir no comportamento do processo. Com isto, compõem-se listagens que oferecem condições para avaliar o sistema-edificação ou quaisquer partes do processo produtivo.

Sabido o que exatamente acontece e identificado por que ocorre cada necessidade (entender isto como a definição dos problemas), a equipe está em condições de priorizar cada um deles (importância e urgência). A partir daí, as ações devem seguir um processo que assegure que todos os fatores necessários serão considerados de uma forma lógica e metódica, segundo a análise consequencial das suas inter-relações.

Identificados os problemas, passa-se à definição dos objetivos.

Quantitativamente ou não, os objetivos são propósitos do que se quer alcançar na realização de uma edificação. Resultam do aprofundamento de tudo o que foi levantado. São descrições qualitativas iniciais dos mínimos níveis de desempenho esperados; são expressos em termos de economia, qualidade, custos, aparência estética, durabilidade, espaço, etc., independentemente da exata localização da edificação. Como restrições colocadas no processo de produção, estabelecem condições para operacionalizar o sistema-edificação.

Na determinação dos objetivos, em muitos casos a natureza do problema parece ser óbvia. No entanto, a definição precisa do problema pode ser a parte mais difícil de todo o processo. A menos que o problema esteja perfeitamente definido, suspeita-se da validade de qualquer tipo de análise.

Definidos os problemas e certificado ser viável prosseguir os estudos sobre eles, cabe receber ou não a aprovação para atacá-los. Caso ocorra a aprovação, determinar a sequência de prioridades para a solução dos problemas. Então, começa-se o processo de análise com a seleção do que vai ser objeto de aplicação da MVD.

Detectadas as necessidades e expectativas dos usuários e dos produtores e definidos os objetivos frente à importância e à urgência dos problemas identificados, o GT desenvolve um programa para condução dos trabalhos sob a MVD. Em seguida, passa-se à busca de informações mais precisas para a situação existente.

6.3.2. Fase de instrução.

Atividades básicas:

- . determinar o estado atual da arte, relativo ao sistema-edificação (ou parte) em estudo;
- . obter modelos:
 - de tipos de edificações e de suas partes;
 - de desempenho;
 - de custos;
 - de quantidades, etc.

se o problema for aberto, reunir o máximo de informações possível; se fechado, partir de soluções já conhecidas;
- . definir os requisitos dos usuários e as condições de exposição;
- . determinar faixas do quanto deve ser gasto globalmente e por áreas;
- . realizar estudos de viabilidade, avaliando os potenciais de retorno de investimentos e o tempo provável para implementar os resultados.

Esta fase é uma espécie de investigação a que se procede para verificar e apresentar todos os fatos relacionados com o processo de

produção de edificações, diretamente referidos aos problemas definidos na fase anterior. Portanto, o propósito básico é a coleta e a organização de todos os dados relativos às situações tecnológicas e mercadológicas existentes (estado atual de tudo o que estiver sob estudo). Em outras palavras, a fase de instrução consiste em nada mais do que a obtenção do conjunto de informações necessárias para pôr um problema definido em condições de ser solucionado.

É uma condição para se identificar o conjunto de variáveis dependentes e independentes de uma ação, precisar o alcance de qualquer proposta relativa a ela por meio do estabelecimento dos limites e contornos do processo produtivo.

É essencial que esteja disponível um conjunto detalhado de informações para qualquer ação sistemática realizada sob as considerações do Plano de Trabalho de Valores e Desempenho. A eficiência no uso das informações (matéria-prima indispensável à metodologia) leva, naturalmente, a realimentações de dados ao longo do fluxo operativo das etapas envolvidas. Isto permite críticas imediatas e detalhadas dos procedimentos de cada etapa, proporcionando o aprimoramento de propostas de soluções e facilitando a tomada de decisões.

De acordo com as necessidades identificadas para solucionar os problemas definidos, é preciso responder a inúmeras questões durante a coleta de informações. Dentre elas pode-se citar:

- . Por meio de que tipos de operações, o sistema-edificação deve realizar as características de desempenho funcional?
- . Para que condições é necessário desenvolver o sistema-edificação?
- . Quando o sistema é necessário?
- . Quais são os requisitos dos usuários e dos produtores?
- . Qual é a vida operacional esperada para todas as partes do processo de produção do sistema-edificação?
- . Como a edificação deve ser utilizada ao longo do tempo?
- . Como o processo produtivo deve ser desenvolvido e distribuído?
- . Onde devem se localizar as várias partes constituintes do sistema-edificação e qual o seu tempo de uso previsto ?
- . Que requisitos de eficiência o sistema-edificação deve apresentar? (A eficiência na representação da qualidade deve incluir fatores quanto a: eficiência de custos, eficiência no processo de construção, segurança e disponibilidade das par-

- tes constituintes, facilidade de manutenção e de recuperação, etc.)
- . Quais são os requisitos ambientais para o sistema (p.ex., temperatura, umidade, choques, vibrações, etc.)?
 - . Em que região se realizará o processo produtivo, ou cada parte sua, e que condições podem ser antecipadas para mão-de-obra, transporte e manuseio ou estocagem de equipamentos e materiais?
 - . De que maneira a edificação será mantida por toda a sua vida? Isto inclui uma definição de: níveis de manutenção e de recuperação, funções em cada nível, e antecipação de requisitos para as operações de apoio (i.e., equipamentos de teste e de apoio, suporte de suprimentos e de partes substituíveis, necessidades de pessoal e de treinamento, requisitos de transporte e de manuseio, obtenção e verificação de dados técnicos e possíveis mudanças operacionais e funcionais da edificação em face de avanços tecnológicos).
 - . Caso seja necessário eliminar a edificação ou partes dela, que requisitos devem ser observados?
 - . Há alguma parte que requer cuidados ou condições especiais?
 - . Itens específicos podem ser aproveitados, corrigidos ou reciclados? Quais serão os efeitos no ambiente?
 - . Que problemas especiais são únicos para a situação em estudo?
 - . Há quanto tempo cada situação existente está sendo usada?..

Respostas para estas e outras questões desenvolvem-se nesta fase como peças importantes para o seguimento do Plano de Trabalho, servindo ainda de base para o sistema de planejamento e para os requisitos de análise dos valores e dos desempenhos.

Não só as respostas como também o contínuo exercício de questionamento do processo decorrem:

- . da política adotada, a qual procura estabelecer opções por determinadas estratégias de desenvolvimento, com vistas à definição de atividades para o processo produtivo da edificação, mas sem necessariamente envolver um elo imediato com a satisfação das necessidades dos usuários da edificação;
- . do contexto do modelo, o qual compreende o uso de vários checklists para a determinação das restrições (leis, estima-

tivas de necessidades, projeções de população, fluxo de tráfego, etc.);

. dos modelos do produto edificação, para os quais uma matriz morfológica pode ser usada como um sistema que contém tipos de edificações e partes constituintes, onde estas podem ser consideradas como variáveis de projeto. Isto sugere a divisão do sistema-edificação em níveis hierárquicos, cada qual envolvendo diferentes variáveis de projeto. Combinando-se os elementos linha e coluna em uma tal matriz, diversas opções de projeto podem ser definidas. Esta matriz de codificação é apenas uma forma de facilitar a organização de informações relativas a modelos de edificações e de suas partes. É necessário adicionar-lhe fatores de análise de edificações que expliquem as relações existentes no processo de produção e os atributos requeridos para as integrações de materiais, ferramentas e mão-de-obra. O uso de uma matriz morfológica é vantajoso por possibilitar o desenvolvimento do sistema em sua própria lógica e o acréscimo de novas unidades ou unidades especiais.

. dos modelos de quantidades, os quais se referem à obtenção de quantidades típicas de necessidades de materiais, mão-de-obra, etc. A coleta e processamento deste tipo de informações exige uma base de dados, haja vista que este modelo é, geralmente, determinado em relação às decisões tomadas em outros contextos. Conseqüentemente não existe um sistema único e adequado, válido como modelo quantitativo.

. dos modelos de custos, os quais se constituem num ponto vital para a viabilização do processo de produção de edifícios e, conseqüentemente, um dos pontos nevrálgicos da aplicação da MVD. Para as necessidades de informações relacionadas a custos, há dois aspectos a serem considerados para a formalização de modelos de custos:

. um é o dos métodos de previsão e de cálculo de custos baseados em um horizonte de planejamento estático em termos de mudança tecnológica e de alterações de custos ao longo da realização do edifício;

. outro é o do uso de métodos de custos capazes de considerar e absorver as variações de custos devidas ao período

que ocorre entre as fases de projeto e de realização, notadamente no caso de inflação alta, como diz Bohem¹⁰.

Em geral, o que ocorre é uma mesma parte constituinte da edificação poder ser produzida por tecnologias diferentes, em diferentes firmas, regiões e meios econômicos, o que leva a diferenças significativas entre o custo real obtido na fase de realização e a previsão de custos feita na fase de projeto.

Superar necessidades de valoração de custos significa, portanto, definir um modelo de custos para o sistema-edificação. Este modelo de custos deve ser o resultado da observação dos aspectos acima, aplicados ao conjunto modelo do produto edificação x modelo de quantidades, a luz da política adotada para o processo produtivo.

- . das atividades de programação, por meio das quais as necessidades dos usuários e os agentes ambientais relevantes são expressos em valores numéricos. De acordo com o conhecimento tecnológico das condições a que o edifício deve satisfazer, quantifica-se, para a situação existente, o que foi identificado em termos de necessidades e de fatores ambientais. Os valores obtidos, traduzidos como requisitos dos usuários e condições de exposição, são os esperados para determinadas opções de região e de tipos de edificação. Conseqüentemente expressam certos limites das disponibilidades tecnológicas para o processo produtivo, sob dadas características histórico-culturais e geo-econômicas. Enunciá-los claramente evita ineficiências e desperdícios, haja vista que são eles os elementos que conduzem à definição dos critérios de desempenho.
- . das atividades de pré-planejamento de todo o processo, as quais consistem em efetuar estudos de viabilidade para a realização de um ciclo completo do problema em estudo, decidindo-se ou não sobre a produção e o momento mais adequado para isto. Em caso positivo, o planejamento é acionado com o desenvolvimento do resto do Plano de Trabalho da MVD, passo-a-passo, a um nível operacional que permita o controle e a avaliação de todo o processo.

O bom andamento do trabalho de informações depende do esforço e da coordenação empreendidos em todas as atividades relacionadas com esta fase. De modo geral, o grosso de todas as informações necessá-

rias é obtido nesta etapa. Porém, sempre que houver necessidade, investigam-se mais informações, processando-as de acordo com as necessidades surgidas no andamento do ciclo de vida do sistema-edificação.

6.4. Subprocesso de definição conceitual.

Como o próprio nome indica, neste subprocesso definem-se todas as funções relacionadas ao objeto de estudo, delimitando-se para elas os parâmetros de desempenho aceitáveis e os custos envolvidos na realização de cada função. É o subprocesso básico para a elaboração de um modelo para solução física. O seu desenvolvimento se desdobra em duas fases:

- . orientação
- . avaliação de funções.

6.4.1. Fase de orientação.

Atividades básicas:

- . definir os requisitos de desempenho;
 - . verificar limites aceitáveis para desempenho;
- . hierarquizar o sistema edificação;
- . identificar/descrever custos e classificar funções:

O que o sistema ou a parte faz?

Quanto custa realizar o que o sistema ou a parte faz?

Qual é a aceitação ou o valor do que o sistema ou a parte faz? (obter índices de valores).

Viabilizada a continuidade dos estudos do processo produtivo, visando ao cumprimento dos requisitos dos usuários e das condições de exposição definidos anteriormente, o passo seguinte na análise é a fase de orientação. Nela, são determinados os requisitos de desempenho e são identificadas e descritas as funções de cada item necessário à plena realização do sistema-edificação. Os estudos são conduzidos segundo os níveis hierárquicos e as variações tipológicas delineadas nos modelos do produto edificação.

A medida que as partes constituintes vão sendo abordadas funcionalmente, as informações relativas aos requisitos dos usuários e as condições de exposição são transformadas em um conjunto de valores numéricos, traduzido como requisitos de desempenho. Os requisitos de

desempenho desenvolvem-se em razão dos objetivos a serem alcançados, em local e uso específicos, e não dos meios para a realização do sistema produtivo da edificação.

Além dos fatores de desempenho, na MVD especial atenção é devotada também ao aspecto das funções de um objeto. Um produto é questionado em termos de "O que o produto faz? Para que ele serve?". Conseqüentemente, leva-se em consideração os aspectos funcionais do produto. Entende-se por função, qualquer proposta de ação realizável no processo produtivo da edificação. Uma função é um meio de alterar material, energia ou informação.

Do ponto-de-vista funcional, cada parte constituinte do sistema edificação terá uma função-objetivo primária que estará se relacionando com os requisitos de desempenho, sob certos objetivos do sistema. Ao mesmo tempo, haverá um certo número de objetivos secundários para a parte e, algum deles, pode conflitar com a função primária. Por exemplo, um objetivo funcional primário de uma janela pode ser o de proporcionar a vantagem de uma vista e um secundário o de permitir a entrada de luz do dia no ambiente. Por isso, toda atenção deve ser dada às necessidades dos usuários e produtores e aos agentes ambientais relevantes, no início da MVD, evitando-se problemas posteriores na determinação dos objetivos funcionais devido à desconsideração de algum item.

No esforço de análise dos valores, as funções são descritas, em geral, por um verbo e um substantivo. Exemplos: proporcionar vista, deixar passar a luz do dia, suportar peso, etc.

Além de primárias ou secundárias, as funções ainda devem ser consideradas em termos de uso/estima e necessárias/desnecessárias.

Ao substantivo associa-se alguma unidade de medida, relativamente às propriedades características da parte constituinte.

As várias propriedades de um material ou componente podem ser determinadas em termos do seu objetivo de desempenho, através de literatura técnica, resultados de testes, manuais profissionais ou outras fontes de referência. Propriedades mensuráveis tais como isolamento acústico, resistência ao fogo, condutividade térmica, luminância e custo, podem ser apresentados em valores numéricos apropriados, sempre que possível com base nos padrões internacionais.

Em acréscimo aos valores numéricos especificados para os objetivos mensuráveis, certos objetivos terão um valor simbólico (estima). Por exemplo, a vista de uma janela não tem valor mensurável e em quase todos os casos para esta utilidade simbólica, os valores numéricos não são diretamente aplicáveis sem algum grau de julgamento pessoal. A mais comum das necessidades simbólicas no sistema edificação é a aparência. Leis de proporções, harmonia e simetria existem, mas é difícil quantificar a aparência de uma parte da edificação com a aparência de uma edificação similar. Visando a minorar os problemas decorrentes das considerações dos aspectos de estima, Wools e Canter, Hershberger, e outros, segundo Law³³, têm conseguido, trabalhando no campo da psicologia ambiental, desenvolver métodos de valoração das respostas emocionais e visuais de ambientes interiores. Herbert, também citado em Law³³, deu um importante passo ao atribuir contagem de pontos para uma variedade de atributos de desempenho para construções em Israel.

O direcionamento dado ao processo de análise, nesta etapa, refere-se à obtenção das funções e à determinação dos requisitos de desempenho a elas associados. Com isto, os tipos corretos de dados para avaliação funcional são detalhados e apresentados de maneira conveniente (requisitos de desempenho; verbo + substantivo; unidades de medida apropriadas). O próximo passo é, então, avaliar as funções.

6.4.2. Fase de avaliação de funções.

Atividades básicas:

- . avaliar a situação existente:
 - Há alguma solução pronta?
 - Há novas contribuições inerentes ao sistema edificação?
 - Há alguma novidade potencial?
 - Há algum conceito vago, irrelevante ou superficial?
 - De que outras maneiras, podem funções do sistema (ou parte) serem realizadas?
- . testar as funções para os requisitos de desempenho, verificando faixas de aceitabilidade;
- . analisar os custos, verificando áreas de altos custos ou de baixos valores;
- . listar possíveis eliminações ou reorientações de funções;

- . seleccionar os critérios de desempenho, segundo os níveis hierárquicos.

Em um primeiro momento, tudo aquilo que se relaciona com um sistema-edificação é funcionalmente descrito; todas as partes constituintes são desdobradas em todas as suas possíveis funções (fase de orientação). Segue-se a avaliação e a valoração (obtenção de índices de valores, por meio da equação do valor) de cada função, e a fixação de uma escala de valores viáveis para avaliação do desempenho do sistema. Com isto delimitam-se as funções que, a princípio, são consideradas como as necessárias.

Um objetivo básico da avaliação funcional, é promover em detalhes uma análise das partes constituintes do sistema, com vistas a produzir uma edificação que atenda satisfatoriamente às necessidades identificadas. Os valores e os desempenhos do processo produtivo da edificação não somente têm que se verificar sob uma forma específica mas também têm de fazer para os recursos determinados.

Em geral, o grau de desempenho do sistema-edificação recebe maior atenção dos engenheiros que, frequentemente, são criticados pela falta de apreciação dos "valores" envolvidos no processo (inclusive custos). Para minorar esse problema, o GT precisa observar duas condições, às quais o sistema-edificação deve satisfazer para ter valores:

- . desempenho adequado, definido como desempenho igual ou melhor que o de processos produtivos de outros sistemas-edificação; a análise é tida como um meio de relacionar as funções do sistema-edificação (ou parte) com os custos, a fim de identificar e eliminar os custos desnecessários, sem comprometer o desempenho;
- . custo adequado, entendido como custo igual ou um pouco menor que o de processos produtivos de outros sistema-edificação, ou seja, melhora-se o desempenho do sistema-edificação (ou parte), sem exceder um custo-limite predeterminado.

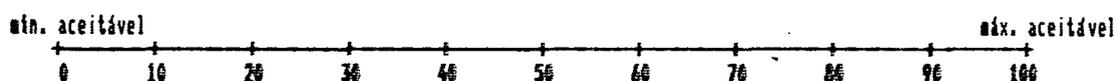
A seleção dos critérios de desempenho serve, ao longo das fases e para todos os participantes do processo de produção de edificações, para estabelecer os parâmetros básicos para avaliação, sendo considerados como contribuições para o desempenho global do sistema edificação. Esta relação é condicionada à especificidade de cada situação. Em cada caso os critérios devem representar as características de de-

sempenho mais importantes, determinantes da aceitação ou não de uma solução. Portanto, qualquer critério de desempenho deve ser entendido como um parâmetro-padrão que oferece condições para julgar se uma opção é ou não adequada.

Seria benéfico se todos os valores e requisitos de desempenho relacionados às funções do processo produtivo da edificação fossem julgados em bases mensuráveis; entretanto, nem todos podem ser medidos. Há dificuldades em se avaliar valores simbólicos mas, se ambos, mensuráveis e simbólicos, forem considerados dentro do mesmo sistema, então uma escala comum de medidas relativas se faz necessário. Todavia, é desaconselhável vincular valor demasiado para os critérios objetivos em prejuízo das opiniões subjetivas.

Um guia útil, tomado da pesquisa operacional e que pode ser adaptado para alocar pesos, é a escala de proporção esboçada por Easton, citado em Law³³. Os objetivos são simplesmente alocados por tentativa, em posições numa escala de 0 a 100 e a relação de cada critério de contagem é comparada com a contagem do critério de mínima importância. Albuquerque¹ e Bezelga⁵, formaliza um processo de determinação de pesos, também aplicável a este tipo de estudo.

Law³³ propõe para cálculo de valores, mensuráveis e simbólicos, uma escala absoluta de aceitabilidade. O nível mínimo aceitável para desempenho é o especificado como zero e o máximo aceitável como cem:



Os candidatos selecionados no sistema-edificação, que apresentarem desempenho dentro dos valores-limites, serão normalizados de tal forma que o valor V de um objetivo de desempenho O , colocado entre os limites especificados V_{\min} e V_{\max} , será expresso como:

$$V_{\text{normalizado}} = (V - V_{\min}) \times \frac{100}{V_{\max} - V_{\min}}$$

Se algum candidato apresentar um valor para desempenho maior do que o máximo, ele será considerado como tendo um valor de 100, uma vez que alguma vantagem acima do máximo aceitável será tida como marginal, não influenciando as decisões.

A classificação e a importância dos critérios de desempenho para o modelo de avaliação de desempenho devem ser representados de forma

que o número de critérios de desempenho que são julgados subjetivamente sejam reduzidos e seu peso considerado em relação ao todo.

Ao quantificar os critérios de desempenho de materiais, componentes ou da edificação para serem avaliados na tomada de decisão do projeto, é possível avaliar o desempenho de opções concorrentes possuindo um número de características variáveis.

Com a avaliação de funções, determinam-se as áreas de altos custos ou de baixos valores, as quais serão objeto de maior atenção na fase de composição das partes para a obtenção de soluções alternativas.

6.5.r Subprocesso de desenvolvimento.

Na seqüência do Plano de Trabalho, o passo seguinte é identificar possíveis soluções para o sistema-edificação. Além de trabalhar aqueles sistemas considerados soluções usuais, concentram-se esforços no sentido de adicionar soluções alternativas, diferentes das convencionais e parcial ou totalmente inovadoras. Assim, o desejável é listar todas as possíveis combinações, para evitar omissões inadvertidas. Numa etapa posterior, eliminam-se as não atrativas deixando somente as mais promissoras para uma avaliação. Neste ponto, o GT tem de estar atento e com a mente aberta para verificar e experimentar todas as hipóteses que o sistema-edificação pode admitir. Os tipos detectados nos modelos do produto-edificação, na fase de orientação, devem ser combinados na maior gama de opções possíveis, trabalhados e avaliados; ao fim do subprocesso, seleciona-se a opção considerada como a melhor proposta de solução.

No inter-relacionamento das fases que caracterizam este subprocesso, resulta a definição das propriedades em uso e dos métodos de ensaio que deverão ser requeridos para a plena realização do processo produtivo.

Este subprocesso compreende três fases:

- . anteprojeto;
- . julgamento;
- . análise crítica.

6.5.1. Fase de anteprojeto.

Atividades básicas:

- . constituir opções (edifício/partes) para satisfazer as funções (usar criatividade):
 - . para gerar opções (ou idéias), é preciso ter consciência de onde se quer ir;
 - . ao tentar todas as combinações possíveis, está se querendo encontrar formas de determinar como se pode chegar lá.

Nesta fase, é importante que as partes do sistema-edificação (e suas funções) sejam integradas de tal modo a utilizar plenamente as possibilidades do mercado de construção. Ainda, na formulação, o raciocínio criativo deve ser dirigido para o uso de diferentes tecnologias, materiais de construção e componentes/elementos do edifício, procurando-se estender a gama de combinações ou utilizações que cada parte pode oferecer adicionalmente para um trabalho de construção.

Na geração de opções para o sistema-edificação, é preciso levar em conta a apropriada combinação de:

- . parâmetros de desempenho;
- . operacionalidade do produto edificação (questões de: eficiência do sistema; estabilidade do conjunto; segurança; aspectos de conservação, manutenção e recuperação; fatores relativos a transportes, manuseio e estocagem de materiais e equipamentos durante a construção e no uso do edifício; facilidade de executar operações tanto na construção como em uso, etc.);
- . fatores econômicos do sistema para todo o ciclo de vida da edificação (custos de projeto; custos de construção; custos de operação, conservação, manutenção, recuperação e eliminação; custos de monitoração; etc.).

Fruto do direcionamento das informações obtidas nas fases anteriores, o resultado destas considerações é conseguido pela observância de questões do tipo (conforme Swann⁴⁵):

- quanto a realização das funções:
 - . Pode-se eliminar alguma função?
 - . Pode-se encontrar outros meios para desempenhar dada função?
 - . Algum outro componente pode desempenhar a mesma função?

- quanto às especificações para materiais/partes da edificação:
 - . Que outros materiais/componentes/elementos podem ser usados?
 - . As especificações têm que ser seguidas rigorosamente? Se não, em que condições podem ser modificadas ou substituídas?
- quanto às dimensões:
 - . Pode-se modificar alguma dimensão?
 - . Alguma parte está mal dimensionada:
 - por cálculo?
 - por comparação com parte associada?
 - por teste de desempenho?
 - por comparação com outros produtos do mercado?
 - . Problema de otimização: alguma dimensão pode ser aumentada e materiais mais baratos serem usados e vice-versa?
- quanto ao desperdício de materiais:
 - . A perda pode ser reduzida, fazendo-se formas, moldes, gabaritos, etc., mais próximos do tamanho final?
 - . A perda pode ser reduzida por pequenas mudanças nas especificações do sistema edificação?
 - . A perda pode ser reduzida por alterações nos métodos de trabalho?
- quanto às variações permissíveis para as grandezas (pesos, tamanhos, volumes, forças, etc.), para cada parte e em cada nível hierárquico (problemas de tolerâncias dimensionais):
 - . Pode-se alterar alguma tolerância, de modo a facilitar a fabricação de alguma parte ou a construção da edificação?
 - . Pode-se modificar alguma tolerância de modo a permitir o emprego de outros métodos de trabalho?
- quanto ao processo de fabricação ou construção do edifício:
 - . Há necessidade de obter outros materiais, se se adotar outro processo de construção ou novos métodos de trabalho?
 - . Pode-se produzir partes por diferentes processos?
 - . Que partes constituintes da edificação podem ser usadas, sem modificações, em vários processos de produção de edifícios?
 - . É recomendável, para a situação em estudo, um sistema edificação diferenciado, de modo a eliminar operações trabalhosas e/ou partes complexas, caras, frágeis, volumosas?...
- quanto às exigências para fazer acabamentos:
 - . O que se pode alterar no padrão de acabamento das partes?

- . Pode-se usar acabamentos alternativos?
- . Pode-se usar métodos alternativos para fazer um acabamento?
- quanto à padronização de materiais e partes da edificação:
 - . Que partes constituintes podem ser substituídas por outras padronizadas?
 - . Pode-se padronizar matérias-primas de forma vantajosa?
 - . Pode-se ou deve-se substituir alguma parte de uso comum por outra padronizada?
- quanto aos custos diretos de construção:
 - . Pode-se eliminar ou simplificar alguma operação trabalhosa através de alterações no projeto, nos métodos de trabalho ou nos equipamentos e instalações utilizadas?
 - . Pode-se simplificar alguma operação de montagem, no processo de construção?
- quanto aos custos de matérias-primas diretas ou auxiliares:
 - . Pode-se melhorar o preço do material comprado?
 - . Pode-se reduzir o custo de transporte, manipulação e estocagem de alguma parte?
 - . Podem os fornecedores sugerir meios para reduções de custos?
 - . A coleta de preços para compras consegue chegar ao preço atualizado?
 - . Consegue-se que o material comprado tenha preços mais baixos do que se for produzido pela própria construtora? Ou é mais vantajoso a própria empresa produzi-lo?
- quanto aos custos totais:
 - . Pode-se otimizar o nível de construção e os métodos?
 - . Pode-se melhorar o custo final do sistema edificação?
 - . Pode-se obter um nível significativo de economias?

Combinadas criativamente as informações para composição do edifício e de suas partes, as opções geradas devem ter como consequência a eliminação de funções comprovadamente desnecessárias ou a obtenção de maneiras mais simples de satisfazer as funções requeridas em qualquer nível hierárquico, tanto para o produtor como para os usuários.

O seguimento do trabalho processa-se fazendo uma triagem e teste de cada opção gerada, refinando-se as mais promissoras.

6.5.2. Fase de julgamento.

Atividades básicas:

- . escolher critérios para a seleção de opções;
- . avaliar as opções:
 - . quanto aos recursos disponíveis;
 - . quanto ao necessário para obter o custo de cada opção (orçamento);
- . definir métodos de ensaio e propriedades em uso;
- . selecionar as melhores, para aprofundamento da análise.

A fase de julgamento consiste na apreciação do concebido na etapa de anteprojeto, segundo as normas de preferências definidas pelo GT. Ao seu final, as idéias ou opções consideradas mais viáveis prosseguem em estudos para uma análise crítica por áreas funcionais.

Todas as opções semelhantes devem ser agrupadas.

Caso haja muitas idéias/opções num dado agrupamento, tanto quanto possível deverão ser novamente combinadas e apuradas. Havendo poucas, deverão ser refinadas e desenvolvidas, até que possam se tornar realizáveis. Em qualquer das situações, importa verificar, para cada idéia/opção, o que falta para funcionar e não o porquê não funciona.

Assim, os esforços concentram-se em verificações técnico-científicas e econômicas, tanto para detectar novas funções, resultantes das combinações realizadas, assim como para procurar ampliar as funções já conhecidas.

Também, em razão das informações sobre os recursos disponíveis e dos critérios de desempenho definidos, indicar, para cada uma, a quantidade necessária de recursos e verificar se atendem aos critérios de desempenho. Quanto a isto, o GT deve recomendar decisões de diversos tipos na execução das funções. Usualmente, os resultados destas decisões produzem um impacto significativo na eficiência e desempenho do sistema.

Ao final desta etapa, as opções são selecionadas e apresentadas em termos de arranjos principais ou de propostas viáveis para o processo de produção de edificações. Saem organizadas e embasadas o suficiente para uma avaliação crítica de todos os índices de valores determinados.

6.5.3. Fase de análise crítica.

Atividades básicas:

- . estabelecer um programa de investigações para prover informações técnicas e econômicas a todo o GT;
- . escolher critérios para a seleção de opções;
- . testar cada opção, técnica e economicamente, investigando-as por áreas funcionais;
 - . Como pode ela funcionar? (aplicar técnicas de modelagem);
 - . Quão boa é a idéia/opção, agora sabendo-se como fazê-la funcionar?
 - observar o desempenho técnico, seguindo métodos de ensaios e verificando as propriedades características, em uso;
 - avaliar a disponibilidade dos recursos necessários para implementar alguma técnica em particular;
 - determinar, efetivamente, todos os custos relacionados à realização da opção;
- . A opção soluciona o problema inicial, satisfazendo os objetivos?
 - verificar se é uma nova aplicação e/ou estimula novas aplicações;
- . comparar as opções;
- . selecionar a melhor opção.

A fase de análise crítica é constituída por um conjunto de atividades que transforma as informações resultantes das etapas anteriores em uma proposta para solução física. É realizada quase exclusivamente pelos técnicos participantes do processo, restringindo-se os usuários à supervisão destas atividades, diretamente, ou delegando esta responsabilidade a um técnico especialista nesta função. A análise crítica tem suas atividades constituintes basicamente dependentes do processo construtivo, o que ocorre em função das características definidas para o processo de produção da edificação e da intenção de se estimular a evolução tecnológica em uma determinada área. Esta dependência altera inclusive a ordem de realização das atividades, reorganizando-se a estrutura de relações internas do processo produtivo para se obter maior eficiência na sua condução e no seu desenvolvimento.

Um modo de avaliação, é aplicar técnicas analíticas na forma de um modelo ou uma série de modelos. O modelo pode ser simples ou complexo, altamente matemático ou não matemático, computadorizado ou im-

plementado manualmente. A amplitude do modelo dependerá da natureza do problema quanto ao número de variáveis, ao relacionamento dos parâmetros de entrada, ao número de opções que estão sendo avaliadas e à complexidade das funções e operações que envolvem a parte constituinte do sistema-edificação. Caso seja necessário promover estudos adicionais ou complementação específica, recorrer às opções deixadas na fase anterior.

Para aplicar técnicas de análise, há duas condições a serem cumpridas para otimizar uma opção:

- . descobrir entre as opções disponíveis aquela que cumprirá as exigências dos usuários e dos produtores e
- . encontrar o possível curso de ação para a melhor opção.

Reunidos e inputados os dados no modelo, resta analisar os resultados. A análise dos resultados conduzirá a uma recomendação para ações do tipo melhorar desempenho, reduzir custo, aumentar eficiência global, etc. constatadas pela análise dos índices de valores obtidos para cada parte estudada. Por essa razão, a realização de uma análise de sensibilidade deve ser efetuada primeiro para, depois, produzir uma recomendação final.

Em uma dada análise, pode haver uns poucos parâmetros-chaves como entradas sobre os quais o GT poderá estar incerto. Neste caso, a sensibilidade dos resultados deverá ser determinada para variações nos parâmetros incertos, acompanhada de experimentos técnicos voltados para os processos e técnicas de construção.

Deve-se observar ainda que nas decisões de projeto para um sistema-edificação, como expõem Albuquerque¹, Bezelga⁵ e Litaudon³⁴, o valor global dele, ou de parte constituinte, é multidimensional e um dado número de atributos variáveis (tamanho, resistência, custo, etc.) tem que ser balanceado em relação a mais de uma função objetivo (durabilidade, aparência, complexidade da construção, etc.). Daí a importância de ter sido obtido e processado o máximo de informações sobre o ciclo de vida da edificação, os atributos, as relações, os materiais e as partes constituintes do sistema, as necessidades de usuários e produtores, os processos de construção, as disponibilidades tecnológicas, a mão-de-obra, etc.

Tudo isso impõe limitações no sistema uma vez que é necessário designar algumas preferências entre estes fatores e os objetivos definidos no início do Plano de Trabalho. Isto normalmente produz

opções de escolha mais entrelaçadas e compostas por uma rede de características e respostas de desempenho interdependentes. A combinação dos vários aspectos, segundo uma mesma medida de utilidade, permitirá uma comparação das várias opções.

Assim, após ter sido desenvolvida uma detalhada análise de cada opção, cabe compará-las e decidir sobre a mais conveniente como proposta de solução para o processo de produção em estudo. As não escolhidas deverão ficar para eventual substituição da selecionada ou como variantes dela.

6.6. Subprocesso de maturidade.

Ao atingir este subprocesso, o rigor do processamento das informações e a interação entre os participantes do GT e os usuários/produtores nas fases antecedentes praticamente conduzem à implementação da opção escolhida como proposta de solução.

No subprocesso de maturidade realiza-se, então, o detalhamento e a especificação descritiva de todo o processo de construção e de uso do sistema-edificação, transformando-se fatos e idéias em recomendações e em ações para a obtenção da solução física. Todo o processo de trabalho é complementado através do acompanhamento da edificação implantada e em uso.

Três fases o constituem:

- . detalhamento e recomendação;
- . implantação;
- . monitoração.

6.6.1. Fase de detalhamento.

Atividades básicas:

- . detalhar a opção escolhida;
- . determinar os atributos de desempenho;
- . recomendar a opção como uma proposta de solução.

Em rigor, a consecução de um projeto que atenda as exigências dos que estarão relacionados com um sistema-edificação deve refletir o equilíbrio entre desempenho e fatores econômicos. O alcance deste

equilíbrio repercute o esforço de análise efetuado ao longo das fases que levam a uma proposta de solução física para o sistema. Os resultados deste esforço conduzem às decisões de engenharia os quais têm um impacto significativo sobre o que ocorrerá durante a construção ou produção da edificação, o uso operacional, a manutenção e a eliminação do edifício.

As atividades de detalhamento da solução escolhida são baseadas nas características gerais delineadas para a determinação da opção considerada ótima. O nível de procedimentos técnico-construtivos é detalhado e especificado descritivamente para as características da edificação a ser produzida.

A medida que se detalha o processo produtivo da edificação, aumenta proporcionalmente a complexidade de suas relações internas dificultando a compreensão do funcionamento do processo todo. Conseqüentemente, deve prevalecer o uso do pensamento sintético para o bom direcionamento dos trabalhos.

Nesta fase, deve ser observado que o sistema-edificação (ou parte) tem que reunir e atender a um certo grupo de requisitos e à obrigação de competir e suplantiar outros sistemas existentes no mercado.

Quando se fala em detalhar, quer-se dizer transformar fatos em recomendações.

Para facilitar o detalhamento e a garantia da qualidade para o que deve ser implementado, as seguintes ações devem ser empreendidas:

- . analisar eventuais problemas potenciais durante ou decorrente da sua implantação;
- . desenvolver ações preventivas e planos de contingência;
- . determinar os atributos de desempenho, confirmando os critérios de desempenho em função de todos os estudos e testes realizados anteriormente;
- . avaliar o impacto do sistema edificação ao longo da construção do edifício (quanto a qualidade, equipamentos, ferramental, operadores, usuários, etc.);
- . elaborar o cronograma de atividades visando à implantação;
- . determinar opções variantes;
- . confirmar a disponibilidade de recursos;

Findo o detalhamento, o GT precisa apresentar a opção selecionada junto a quem vai aprová-la, na forma de uma proposta de solução. Visando à recomendação, os seguintes passos devem ser seguidos:

- . preparar a apresentação;
 - explicar o problema e a opção escolhida para solvê-lo;
 - recomendar a opção a quem cabe decidir sobre a sua implantação, incluindo as opções variantes;
 - evidenciar o porquê da escolha desta solução em relação às opções preteridas;
 - explicar o antes e o depois e as possíveis vantagens e desvantagens da solução frente ao problema detectado inicialmente;
 - apresentar pontos fortes e fracos, ressaltando os pontos importantes;
 - mostrar o impacto dos atrasos de aprovação face aos resultados obtidos para o sistema-edificação;
- . proceder às modificações em caso de não aceitação, ou comandar a implantação se aprovada sem restrições ou com restrições que não impeçam o início do processo de construção.

6.6.2. Fase de implantação.

Atividades básicas:

- . designar responsabilidades específicas de quem faz o que, onde, quando e como;
- . transformar idéias em ações;
- . obter e aplicar os recursos necessários;
- . preparar relatórios técnicos e econômicos;
- . avaliar a condução do processo construtivo;
- . iniciar novas idéias para o sistema-edificação.

Com a aprovação da opção escolhida, as informações elaboradas na etapa anterior são ativadas para a obtenção de uma solução física construída. São definidos os participantes e as responsabilidades para o processo de construção do edifício. Para cada um deles determina-se como deverá ser realizada a sua parte, em função do sistema construtivo adotado.

Todos os materiais, métodos e sistemas considerados necessários à execução das atividades devem estar em acordo com os procedimentos técnico-construtivos estabelecidos, para assegurar a obtenção da qua-

técnico-constructivos estabelecidos, para assegurar a obtenção da qualidade projetada para a edificação. A solução física detalhada é convertida em realidade construída, observando-se o cumprimento dos critérios definidos.

Além disso, visando-se à verificação do que foi projetado, são preparados relatórios para levantamento e controle do fluxo operacional do processo construtivo, tanto do ponto-de-vista técnico como do econômico.

Após a análise das informações processadas e resultantes do sistema-edificação implantado, não só novas idéias surgem para aperfeiçoar e inovar o sistema, como também um acompanhamento do sistema em uso se torna fundamental para corrigir desvios e efetuar mudanças.

6.6.3. Fase de monitoração.

Atividades básicas:

- . acompanhar a solução implantada durante a sua utilização:
 - verificar as condições em que se dão a ocupação, o modo de uso, a conservação, a manutenção, a recuperação e a eliminação;
 - levantar dados de uso da edificação;
 - preparar e apresentar relatórios de acompanhamento;
 - propor modificações para o sistema edificação.

Concluída a etapa de implantação e satisfeitas as necessidades dos produtores, o sistema-edificação materializado estará em condições de ser colocado em uso para cumprir as exigências dos usuários, complementarmente ao projeto e à construção.

Começa, então, a fase de monitoração propriamente dita, a qual consiste em acompanhar o conjunto de atividades relacionadas: à ocupação da edificação pelos usuários e à realização normal do uso previsto para o edifício. Ao longo do tempo, para efetividade do desempenho, deve ser observada a conservação da edificação, ou seja, devem ser garantidas as condições de uso, através da realização de serviços essenciais à ocupação pelos usuários. Entretanto, só é assegurada a manutenção das condições de uso do edifício durante todo o tempo de ocupação pelos usuários se o nível de qualidade da edificação e de seus subsistemas físicos estiver em conformidade com os critérios de

dos níveis de desempenho esperados implica em promover a recuperação do que estiver afetado. Usualmente, na quase totalidade das edificações, observa-se que a realização destes procedimentos está sob o encargo dos próprios usuários, o que muito dificulta a correção dos desvios do projetado.

Todavia, diferentemente das formas usuais de produção de edifícios, com esta metodologia propõe-se que a monitoração do sistema-edificação seja realizada por técnicos diretamente envolvidos com os tipos de atividades efetuadas no subprocesso de investigação, com a finalidade de identificar e corrigir os desvios passíveis de ocorrência no ciclo de vida de edificações.

Em geral os estudos de acompanhamento não permitem realizar incrementos significativos no desempenho de funções e no tempo de uso da edificação ocupada, devido às condições para se gerenciar o processo durante esta fase.

Enfim, o desenvolvimento de uma etapa de monitoração do sistema-edificação deve se caracterizar pelo planejamento e realização de experiências técnicas que possibilitem promover meios para uma melhoria dos custos para novas necessidades do mercado e comparar o desempenho do produzido em relação às condições previstas na opção escolhida.

6.7. Considerações adicionais.

O modelo metodológico proposto busca criar condições para a implementação de um edifício a partir do estudo das inter-relações entre as partes, analisadas segundo as funções que devem cumprir e o comportamento delas de maneira isolada e frente ao sistema que as contém.

Fundamental para cumprir este propósito é a montagem de um sistema de informações e, conseqüentemente, de uma base de dados que suporte as necessidades de interação entre os quatro subprocessos. Este procedimento pode permitir a superação das descrições de meios antes que objetivos (fins). A metodologia proposta busca, conforme a linha filosófica em que se pauta, adotar um conceito de comunicação no qual se abandonam as especificações prescritivas de formas, técnicas e materiais, em favor de especificações descritivas de resultados.

se abandonam as especificações prescritivas de formas, técnicas e materiais, em favor de especificações descritivas de resultados.

E, portanto, uma metodologia que procura estabelecer condições de equilíbrio entre funções, desempenhos, qualidade, benefícios, e tudo o que se quer comparar no processo de produção de edificações frente aos custos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS.

7.1. Sumário.

Esta dissertação foi desenvolvida a partir do pressuposto de que seria possível compor uma metodologia direcionada ao processo de produção de edificações, envolvendo os conceitos de função, desempenho e valor.

Para conseguir viabilizar uma proposta desta natureza, era preciso verificar as características peculiares às metodologias usualmente empregadas nos estudos e trabalhos de análise de valor(es) e de avaliação de desempenho.

Inicialmente fez-se uma breve revisão de como os conceitos citados acima se desenvolveram no tempo. Isto consistiu na procura dos fundamentos que nortearam o desenvolvimento dos conceitos de valor(es) e desempenho. Também se observou que tais conceitos se aplicavam de acordo com metodologias de caráter sistêmico e se destinavam, em seu começo, a solver problemas relacionados à Engenharia de Produto.

Na seqüência da dissertação, no capítulo 4 foram expostos os passos para a utilização do conceito de desempenho em um produto. Assim, sob o ponto-de-vista de desempenho, viu-se que a seleção de um produto pode ser feita baseada na análise funcional; esta análise consiste na descrição de funções do produto e no estabelecimento de escalas relativas de avaliação física do seu comportamento quanto a estas funções. Para ser aceito, o comportamento do produto tem que estar dentro dos limites da escala relativa.

Na abordagem da metodologia de valores, viu-se que o estudo de um objeto é totalmente baseado na indexação de valores as suas funções.

Tendo-se em conta as similaridades funcionais encontradas e o apoio da teoria sistêmica, em uma etapa complementar passou-se à viabilização de um modelo de valores e desempenho que pudesse ser aplicável à produção de edificações.

O resultado foi a obtenção de uma metodologia, executada de acordo com um Plano de Trabalho apropriado para as condições de realização de edifícios, cuja eficiência deve ser comprovada ao ser aplicado em algum processo de produção de edificações.

Entretanto, a disponibilidade de uma base de dados é importante para o desenvolvimento da metodologia. O processamento das informações dá-se conforme as necessidades dos quatro subprocessos (considerados como grandes atividades na execução do Plano de Trabalho) que constituem a metodologia; porém, dentro dos subprocessos ocorrem ciclos de realimentação parcial do processo. A sistemática proposta é uma concepção flexível e adaptativa às diversas características e circunstâncias a que um processo de produção de edificações está sujeito.

Ao longo das dez fases abrangidas pelos quatro subprocessos, cada uma é conceitualmente caracterizada, destacando-se as atividades que devem ser entendidas como básicas para a sua realização efetiva.

Ainda que a metodologia proposta careça de uma aplicação prática, ela é um ponto de partida para o desenvolvimento de trabalhos no campo de valores e de desempenho para a Construção Civil em nosso meio. Todavia, a aplicação prática será parte do trabalho de doutorado do autor desta. Tal trabalho está em andamento no departamento de Engenharia Produção da UFSC.

7.2. Conclusões.

Inúmeras dificuldades surgiram para o desenvolvimento deste trabalho, com vistas à concepção final de uma MVD, notadamente no que se refere a informações sobre a aplicação da metodologia de valores em processos de produção de edificações.

Os conceitos básicos, sobre os quais a metodologia proposta se assenta, são de exploração e difusão recente (menos de 20 anos) em termos de edificações. As informações bibliográficas, ainda limitadas e dispersas, restringiram, temporalmente, a coleta e a análise de outras fontes. Isto porém não inviabilizou que se chegasse à proposta apresentada, mas impossibilitou um primeiro teste para esta Metodologia de Valores e Desempenho. Do ponto-de-vista teórico, seguindo-se os subprocessos e fases descritos, a conceituação apresentada permite o desenvolvimento, ainda que incipiente, de processos relacionados à produção de edifícios (ou partes).

Face ao seu caráter sistêmico, cabe enfatizar que a MVD não é uma metodologia para ser utilizada exclusivamente por uma pessoa. O recomendável é que o Plano de Trabalho seja conduzido por um GT constituído por pessoas de áreas diferentes (depende do tamanho e do tipo de empreendimento), recorrendo-se a especialistas quando necessário. Durante a aplicação da metodologia, é fundamental aumentar a integração e a troca de informações entre os participantes, os quais precisam compreender o processo todo e não apenas a parte de sua intervenção direta.

De uma forma geral, deve-se trabalhar nos subprocessos de investigação e de definição conceitual da MVD voltando-se mais às questões qualitativas, uma vez que muitas mudanças poderão ser realizadas para a compatibilização da montagem das partes constituintes. Os valores numéricos adotados nas fases que os compõem devem ser tomados em termos de faixa de valores, permitindo os ajustes e detalhamentos necessários para etapas posteriores. Nos subprocessos de desenvolvimento e de maturidade, as partes constituintes do sistema devem ser reunidas e definidas em caráter quantitativo, segundo as relações que as mantêm, de modo a permitir a obtenção de uma solução física.

Ainda que dito sob um caráter teórico, o autor tem como certo que o emprego sistemático desta metodologia resultará em economias e avanços técnicos significativos quando aplicada em um ciclo completo de produção de edifícios, particularmente para edifícios com projetos repetitivos e nos processos relativos a um grande número e quantidade de componentes.

Ao final deste trabalho, considera-se que o modelo proposto permite uma observação conceitual do processo produtivo de edificações e

delineia as características para uma abordagem racional na produção de edifícios.

Resta ressaltar que as possibilidades de aceitação e/ou expansão de uma metodologia, como a aqui proposta, serão substancialmente maiores, à medida que se superar a(s):

- dificuldades em visualizar um objeto como tendo mais de uma função;
- ênfase exagerada nas formas tradicionais de fazer as coisas, isto é, consideração injustificada do tradicional como preferível à mudança;
- falta de cooperação e confiança entre os participantes do processo;
- consideração da fantasia e da reflexão como perda de tempo;
- dificuldades de reestruturação de um problema, vendo-o sob um novo enfoque, dimensão ou ponto-de-vista;
- preferência por julgar idéias, ao invés de gerá-las, uma vez que na geração de idéias os indivíduos ficam mais expostos a críticas, sujeitos ao ridículo e, muitos, não estão dispostos a isto;
- dificuldades em reformular julgamento(s) previamente formulado(s) a respeito de algo;
- dificuldade em imaginar ou propor diferentes alternativas;
- falta de apoio para colocar as idéias em ação.

7.3. Recomendações para futuros trabalhos.

E requerida a continuidade deste trabalho sob a forma de uma aplicação prática.

No intuito de avaliar o proposto frente aos resultados que devem ser obtidos na aplicação desta metodologia, cabe empreender investigações sobre os seguintes aspectos, com vistas ao aperfeiçoamento da mesma:

- montar um banco de dados e um sistema de informações voltados à produção de edifícios para que se possa, de fato, operar na prática a metodologia proposta;

- determinar as técnicas e os procedimentos de análise de valores e avaliação de desempenho que poderiam ser tomados como os mais apropriados para os elementos arquitetônicos/construtivos mais comuns, no uso desta metodologia;
- verificar se todas as etapas são necessárias em todos os casos, isto é, a MVD pode ou não ser usada parcialmente? (mais especificamente no caso de produtos para edificações já existentes no mercado, de melhorias, de simplificações, etc.); se não, delimitar as situações/objetos passíveis de supressão de uma ou algumas;
- verificar os empreendimentos e circunstâncias que seriam os mais propícios à aplicação de uma metodologia desta natureza;
- determinar qual a extensão das diferenças que podem ocorrer quando da aplicação da MVD frente às técnicas e métodos considerados clássicos ou tradicionais em processos de produção de edificações, desde que usados à mesma situação e condições;
- propiciar treinamento de pessoal para operar a MVD;
- verificar na forma de conduzir o processo de produção de edificações, até que ponto a aplicação de uma MVD poderia afetar o rendimento dos profissionais envolvidos;
- levantar que efeitos pretendidos por um programa sob a MVD podem repercutir nas atividades produtivas e/ou nas atividades profissionais e pessoais;
- levantar que efeitos não pretendidos poderão ser observados pelos envolvidos no processo de produção de edificações, durante ou fora da aplicação de uma MVD.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ ALBUQUERQUE, F. D. Metodologia Multicriterial e Coletiva para Investimentos em Situações de Risco. (Dissertação de Mestrado). Florianópolis: Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1987.
- ² ARAL, Nejat. Possibilités et limites de l'application de l'analyse de la valeur dans l'industrie du bâtiment - une méthode pour la réduction des couts. In: 'Symposium Quality and Cost in Building' (CIB W/55), Institut de Recherche sur L'Environnement Construit, Lausanne, Sep. 1980, vol. II.
- ³ BABA, I. Value Engineering for Construction Sites. CIB Proceedings of the Fourth International Symposium on Building Economics, Copenhagen, 1987, vol. A. (CIB W55 e W82, Danish Building Research Institute).
- ⁴ BENES, J. & DIEPEVEN, W. J. The Balance Method for Value Analysis in the Construction Industry. In: 'Symposium Quality and Cost in Building' (CIB W/55), Institut de Recherche sur L'Environnement Construit, Lausanne, Sep. 1980, vol. II.
- ⁵ BEZELGA, A. A. ; MENEZES, E. T. & MACEDO, J. P. Evaluation and Automatic Classification of the Performance/Cost Relation of Building Projects based on Multicriteria Analysis. CIB Proceedings of the Fourth International Symposium on Building Economics, Copenhagen, 1987, vol. A. (CIB W55 e W82, Danish Building Research Institute).
- ⁶ BLACH, Klaus & CHRISTENSEN, Georg. The Performance Concept (Why and how?). Building Research and Practice, May-June 1976, pp. 150-166.

- 7 _____. Survey of objectives and circumstances for work with the performance concept. In: CIB/W60, The Performance Concept in Building: The relative significance of different performance requirements, Danish Building Research Institute, pp. 3-6. (W60 document 12/4)
- 8 BLACHERE, G. Savoir Batir. Paris: Editions Eyrolles, 1971.
- 9 BLANCHARD, B. S. & FABRYCKY, W. J. Systems Engineering and Analysis. Englewood Cliffs (N. Jersey): Prentice-Hall, Inc., 1981.
- 10 BOHEM, R. F. Design Analysis of Thermal Systems. USA: John Wiley & Sons, Inc., 1987.
- 11 BONIN, Luis Carlos. A Abordagem Sistemica da Produção de Edificações. (Dissertação de Mestrado). Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1987.
- 12 BONSIPEPE, G. A Tecnologia da Tecnologia. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 1983.
- 13 CAMOUS, Roger. The Performance Concept and the Evaluation of Building products. Industrialization Forum. Montreal: 3(3):5-12. (IF accession nº. 2357)
- 14 CARDOSO, O. R. Abordagem Sistemica para o Planejamento do Produto. (Dissertação de Mestrado). Florianópolis: Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1985. *
- 15 CONSEIL INTERNATIONAL DU BATIMENT (Working Commission W/60). Master List. Rotterdam, CIB Report, Publication nº. 18, 1983.
- 16 _____. Working with the Performance Approach in Building. Weena, CIB Report, Publication nº. 64, 1982.
- 17 CLELAND, D. I. & KING, W. R. (Trad.: Zabotto, L. H. C.). Análise de Sistemas e Administração de Projetos. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1978.
- 18 CRONBERG, Tarja. Performance requirements for buildings - a study based on user activities. Stockholm, Swedish Council for Building Research, 1975. (Document D3).

- 19 _____. Notes on methods for selecting performance criteria. In: CIB/W60, The Performance Concept in Building: Setting performance criteria for building products, Danish Building Research Institute, Copenhagen (formely of Statens Planverk, Stockholm), pp.2-6, October 1977. (W60 document 11/6)
- 20 CSILLAG, J.M. Análise do Valor (Metodologia do Valor). São Paulo: Ed. Atlas, 1985.
- 21 SZOKE, Klara & DANDRI, Guido. Value Analysis/Engineering in the Construction Practice. In: 'Symposium Quality and Cost in Building' (CIB W/55), Institut de Recherche sur L'Environnement Construit, Lausanne, Sep. 1980, vol. II.
- 22 DELL'ISOLLA, A.J. Value Engineering in Construction. Civil Engineering - ASCE, Sep. 1966, pp.59-62.
- 23 _____. Presentation on Life Cycle Cost-benefit Analysis. In: SAVE Conference Proceedings, 1982, pp.57-67.
- 24 _____. Everybody Benefits from Value Engineering. Constructor. E. U. A. : Dec 1985, vol. 47, pp.40-42.
- 25 DEPARTAMENTO DE DEFESA DOS ESTADOS UNIDOS. Value Engineering (DoD Handbook 5010.8-M). Washington: Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, 1968.
- 26 DIEPEVEEN, W. J. The principles and techniques of value analysis applied to building. In: 'Symposium Quality and Cost in Building' (CIB W/55), Institut de Recherche sur L'Environnement Construit, Lausanne, Sep. 1980, vol. V.
- 27 HARRISON, H.W.; BIANCO, L.G. & MAINSTONE, R.J. Performance Parameters and Performance Specification. In: Architectural Design, Building Research Station (Current paper 23/69), Garston, Watford, Herts.
- 28 HARRISON, H.W. Performance specifications for building components. Building Research Station (Current paper 37/69). In: The Architects' Journal Information Library, 25 June 1989, pp.1705-1714.

- 29 _____ Identifying priorities for performance attributes. In: CIB/W60, The Performance Concept in Building: The relative significance of different performance requirements, Building Research Establishment, United Kingdom, pp.12-17. (W60 document 13/3, revised)
- 30 IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. Relatórios Técnicos nºs.:
- . 14754: Programa de Coleta de Informações: Pat. na Construção;
 - . 14905, 15197 e 16277: Formulação de Critérios para Avaliação de Desempenho de Habitações;
 - . 18503: Programa de Controle de Qualidade das Construções Habitacionais;
 - . 24446: Tipologias de Projetos e Racionalização de Sistemas Construtivos Convencionais com o Emprego de Componentes Cerâmicos visando à Construção por Ajuda-Mútua.
- 31 JOHN, Vanderley M. Avaliação da Durabilidade de Materiais Componentes e Edificações (emprego do índice de degradação). (Dissertação de Mestrado). Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1987.
- 32 KEPNER, C. H. & TREGOE, B. B. O Administrador Racional. São Paulo: Atlas, 1984.
- 33 LAW, Noel. Performance Evaluation Model for Design Decision Making. In: 'Symposium Quality and Cost in Building' (CIB W/55), Institut de Recherche sur L'Environnement Construit, Lausanne, Sep. 1980, vol. II.
- 34 LITAUDON, Maurice. L'acceptation de l'analyse de la valeur par les hommes et par les structures: - des freins à débloquent - une formation à rénover. In: 'Symposium Quality and Cost in Building' (CIB W/55), Institut de Recherche sur L'Environnement Construit, Lausanne, Sep. 1980, vol. II.
- 35 MANDOLESI, E. Edificación. Barcelona: Ediciones CEAC, 1981.
- 36 MARAMALDO, Dirceu. Análise de Valores (Value Analysis/Value Engineering). Rio de Janeiro: Intercultural, 1983.
- 37 MELESE, Jacques. (Trad.: Miranda Netto, A. G.). A Gestão pelos Sistemas. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1973.

- ³⁸ MILES, L. D. Techniques of Value Analysis and Engineering. New York: McGraw-Hill Book Co., 1972.
- ³⁹ MORRIS, Alan S. Assessing Cost-effectiveness in House Designs for physically handicapped People. In: 'Symposium Quality and Cost in Building' (CIB W/55), Institut de Recherche sur L'Environnement Construit, Lausanne, Sep. 1980, vol. II.
- ⁴⁰ MUCCHIELLI, R. (Trad.: Silva, M.S.M.). O Trabalho em Equipe. São Paulo: Livraria Martins Fontes Editora Ltda, 1980.
- ⁴¹ O'BRIEN, J. J. Value Analysis in Design and Construction. U.S.A.: McGraw-Hill, 1976.
- ⁴² PARSONS, David J. Building Performance: Concept and Practice. Industrialization Forum. Montreal: 3(5):23-32. (IF accession nº. 2369)
- ⁴³ PEDERSEN, Dan Ove. Building Planning with Value Analysis. In: 'Symposium Quality and Cost in Building' (CIB W/55), Institut de Recherche sur L'Environnement Construit, Lausanne, Sep. 1980, vol. II.
- ⁴⁴ POLLOCK, R. W. Applying the UK Manufacturing Industries' Experience of Value Analysis into Construction. CIB Proceedings of the Fourth International Symposium on Building Economics, Copenhagen, 1987, vol. A. (CIB W55 e W62, Danish Building Research Institute).
- ⁴⁵ SCHODEK, Daniel L. Evaluating the Performance of Buildings. Industrialization Forum. Montreal: pp. 11-18, 1973. (IF accession nº. 2583)
- ⁴⁶ SOUZA, Roberto de. Avaliação de Desempenho Aplicada a Novos Componentes e Sistemas Construtivos para Habitação. In: A Construção Minas/Centro-Oeste, nº. 65, nov. 1983, pp. 33-36. (Encarte Tecnologia de Edificações)
- ⁴⁷ _____. Avaliação de Desempenho de Sistemas Construtivos Destinados à Habitação Popular. Conceituação e Metodologia. In: A Construção São Paulo, nº. 1955, 29-7-85, pp. 27-30. (Encarte Tecnologia de Edificações)

- ⁴⁸ SWANN, K. Técnicas de Aumento da Produtividade. Rio de Janeiro: Livraria Interciência Ltda., 1977.
- ⁴⁹ YOUNG, S. (Trad.: Silveira, C.). Administração: um enfoque sistêmico. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1977.

BIBLIOGRAFIA SUPLEMENTAR

- ⁵⁰ ALENCAR, E.S. Psicologia da Criatividade. Porto Alegre: Ed. Artes Médicas Sul Ltda., 1986.
- ⁵¹ AMERICAN SOCIETY OF TOOL AND MANUFACTURING ENGINEERS. Value Engineering in Manufacturing. Englewood Cliffs (N. Jersey): Prentice-Hall, Inc., 1967.
- ⁵² BENNIE, F.G. The Philosophy of Value in Building Design and Use. In: D.J. Crome & A.F.C. Sherratt (Org.). Quality and Total Cost in Buildings and Services Design, Lancaster (England): The Construction Press Ltd., 1977, pp.1-10.
- ⁵³ BEZELGA, A.A.; MENEZES, E.T. & MACEDO, J.P. Avaliação da Qualidade e Economia de Projetos de Habitação e Sistemas Construtivos. In: HABITEC 87 (Anais do I Simpósio Internacional sobre Produção e Transferência de Tecnologia em Habitação: da Pesquisa à Prática), São Paulo, vol. II, pp.749-760, abril, 1987.
- ⁵⁴ BLACH, Klaus & CHRISTENSEN, Georg. Expressing performance values in banded levels. In: CIB/W60, The Performance Concept in Building: Performance test methods and the interpretation of results, Danish Building Research Institute, pp.25-31. (W60 document 12/3)
- ⁵⁵ BROADBENT, Geoffrey. Design, Economics and Quality. In: P.S. Brandon (Org.). Building Cost Techniques: New Directions. London: E. & F.N. Spon, 1982, pp.41-60, 1st ed.
- ⁵⁶ CALDAS AULETE, Dicionário Contemporâneo da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Ed. Delta S.A., vol. 5, p.3747, 1980.

- 57 CANAK, M.; GRAVILOVIC, B.; JANKOVIC, I. & PETOVAR, K. Methodological Problems in evaluating the Quality of Urban Dwellings. In: 'Symposium Quality and Cost in Building' (CIB W/55), Institut de Recherche sur L'Environnement Construit, Lausanne, Sep. 1980, vol. IV.
- 58 CHANZA, J.S.P. El Proyecto en Ingenieria y Arquitectura. Barcelona: Ediciones CEAC, 1983.
- 59 CHRISTENSEN, Georg. Development of Performance Testing Methods - some considerations. In: CIB/W60, The Performance Concept in Building: Performance test methods and the interpretation of results, Danish Building Research Institute, pp.3-6. (W60 document 12/8)
- 60 COX, Allen E. Why Value Engineering in the Construction Industry? Constructor. E.U.A.: 1965, vol. 47: Aug, pp.40-44 (part I), and Sep, pp.42-44 (part II).
- 61 D'HAVE, R. The relative importance of performance attributes and the comparison of designs. In: CIB/W60, The Performance Concept in Building: The relative significance of different performance requirements, Bureau de Controle SECO, Brussels, pp.7-11. (W60 document 12/19)
- 62 DIETER, G.E. Engineering Design: A Materials and Processing Approach. New York: McGraw-Hill, Inc., 1983.
- 63 EASTON, A. Complex Managerial Decisions Involving Multiple Objectives. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1973.
- 64 ENCICLOFEDIA DELTA UNIVERSAL. Rio de Janeiro: Editora Delta S.A., vol. 14, p.7844, 1982.
- 65 ENGINEERING NEWS-RECORD. Value Engineering Hits Contracting. E.U.A.: Autor, May 14, 1964, pp.23-25.
- 66 GAGE, W.L. Value Analysis. London: McGraw-Hill, 1967.
- 67 GOBIN, C. La Maîtrise Fonctionnelle des Coûts. CIB Proceedings of the Fourth International Symposium on Building Economics, Copenhagen, 1987, vol. B. (CIB W55 e W82, Danish Building Research Institute).

- 68 HELLER, E.D. Value Management: Value Engineering and Cost Reduction. Reading (Mass.): Addison-Wesley Publishing Company, 1971.
- 69 HERBERT, G. Some performance guidelines for the design and evaluation of environmental spaces in dwellings (Project for innovations and improvements in housing). Israel: The Technion, Institut of Technology Haifa, Final Report, 1978.
- 70 HERSHBERGER, R.E. A Study of Meaning and Architecture. In: 7th EDRA Conference Dowden Hutchinson & Ross Inc., Philadelphia, 1977.
- 71 KELLY, John R. Value Analysis in Early Building Design. P.S. Brandon (Org.). Building Cost Techniques: New Directions. London: E. & F.N. Spon, 1982, pp.115-125, 1st ed.
- 72 KOOGAN-LAROUSSE, Pequeno Dicionário Enciclopédico. (Editoria de Antonio Houaiss). Rio de Janeiro: Editora Larousse do Brasil, 1982.
- 73 MACALIK, Mirko J. Building, Quality and Economic Well-being. In: 'Symposium Quality and Cost in Building' (CIB W/55), Institut de Recherche sur L'Environnement Construit, Lausanne, Sep. 1980, vol. IV.
- 74 MARKUS, T.A. et alii. Building Performance. London: Applied Science Publishers Ltd., 1972.
- 75 NIEBEL, B.W. & DRAPER, A.B. Product Design and Process Engineering. Tokyo: McGraw-Hill Kogashua, Ltd, 1974.
- 76 RAKHRA, A.S.; WILSON, A.H. & ARLANI, A.G. A Framework for Evaluating Building Codes. CIB Proceedings of the Fourth International Symposium on Building Economics, Copenhagen, 1987, vol. A. (CIB W55 e W82, Danish Building Research Institute).
- 77 ROTH, J. & HASHIMSHONY, R. The Use of Graph Theory Models for Architectural Design. CIB Proceedings of the Fourth International Symposium on Building Economics, Copenhagen, 1987, vol. B. (CIB W55 e W82, Danish Building Research Institute).
- 78 SKINNER, N.P. Feedback from Service in the Development of Performance Standards for Doors and Windows. In: CIB/W50, The Performance Concept in Building: Setting performance criteria for building products. England: BRE Princes Risborough Laboratory, March 1976, pp.22-28. (W60 document 9/7)

- 79 SON, Jong-Suk. The Applicability of Elastic Modular Units in Three Dimensional Housing Design, based on a Study of Housing Affordability and Construction Costs in Korea. In: HABITEC 87 (Anais do I Simpósio Internacional sobre Produção e Transferência de Tecnologia em Habitação: da Pesquisa à Prática), São Paulo, vol. II, pp 731-740, abril, 1987.
- 80 TUFTY, Harold G. EPA makes Value Engineering (VE) mandatory on projects over \$10 million. Civil Engineering - ASCE. E.U.A.: Sep. 1976, pp.101-103.
- 81 TURNER, G. Toward the Translation of Research Findings into Educational Programmes. In: HABITEC 87 (Anais do I Simpósio Internacional sobre Produção e Transferência de Tecnologia em Habitação: da Pesquisa à Prática), São Paulo, vol. II, pp.705-715, abril, 1987.
- 82 VISSER, Dick. Project Evaluation. In: 'Symposium Quality and Cost in Building' (CIB W/55), Institut de Recherche sur L'Environnement Construit, Lausanne, Sep. 1980, vol. IV.
- 83 WALLACE, W.A. & KELLY, J.R. Decision Taken in Building Design. CIB Proceedings of the Fourth International Symposium on Building Economics, Copenhagen, 1987, vol. B. (CIB W55 e W82, Danish Building Research Institute).
- 84 WARD, R. Office Building Systems Performance and Functional Use Costs. CIB Proceedings of the Fourth International Symposium on Building Economics, Copenhagen, 1987, vol. A. (CIB W55 e W82, Danish Building Research Institute).
- 85 WOOLS, R.M. & CANTER, D.V. The effect of the meaning of buildings on behaviour. Applied Ergonomics, 1, pp.144-150, 1970.
- 86 _____. A technique for the subjective appraisal of buildings. Building Science, 5, pp.187-198, 1970.

ANEXO I

DIAGRAMAS FAST

(fonte: Haramaldo³⁶)

Frank Wojciechowski enumerou em quatro os vários tipos de diagramação FAST (Function Analysis System Technique), baseado em suas similaridades e diferenças, dando-lhes os nomes que, historicamente, relacionam-se com os seus desenvolvimentos. O trabalho por ele elaborado apresenta um histórico da evolução dos diagramas FAST e seus possíveis usos.

São os seguintes os quatro principais tipos por ele descritos.

Diagrama tipo I: "Bytheway"

Bytheway concebeu o sistema original do FAST ao visar aplicar o pensamento lógico para a abordagem funcional. Para ele, as funções básicas das partes constituintes mais baixas na escala hierárquica, passam a existir sempre que um método para desempenhar uma função de nível mais alto é escolhido. Com isto, Bytheway chegou à *lógica da determinação*, a qual verifica a função e torna possível identificar as funções de nível hierárquico mais alto. O procedimento usado é o de uma técnica que usa nove questões incitadoras do raciocínio:

*Lógica do
nível mais
alto*

1. Qual assunto ou problema se quer discutir?
2. Que se pretende fazer, efetivamente, ao se (verbo + substantivo)?
3. Que função de nível mais alto faz (verbo + substantivo) aparecer?

*Lógica do
caminho
crítico*

4. Por que é necessário (verbo + substantivo)?
5. Como a função (verbo + substantivo) se realiza, ou como é proposta para ser realizada?
6. O método selecionado para (verbo + substantivo) provoca a criação de alguma função secundária?

*Lógica da
determinação*

7. Se se não tivesse que (verbo + substantivo), ter-se-ia, ainda, que executar as outras funções listadas?
8. Ao se (verbo + substantivo), as funções aparente-

da função

mente dependentes passam a existir como resultado do sistema concebido?

9. O que ou quem efetivamente (verbo + substantivo)?

A resposta para cada pergunta deve ser específica e de tal maneira que apresente apenas a ação requerida sem, no entanto, apresentar o método de executar a ação.

Diagrama tipo II: "Ruggles"

Ruggles usou as perguntas da lógica do caminho crítico de Bytheway, "Por que é necessário (função)?" e "Como (função) é, de fato, realizado?", para criar uma versão simplificada do FAST. Sua ênfase foi no caminho crítico; todas as demais funções identificadas são localizadas como mostra a figura 10.

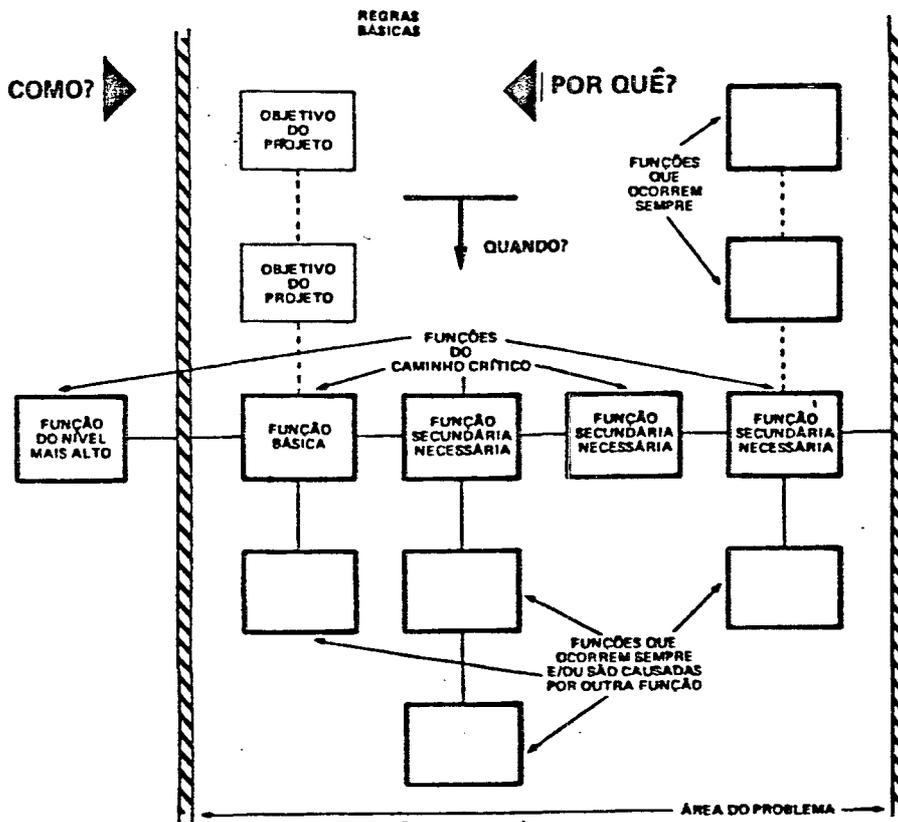


Figura 10 - Diagrama FAST proposto por Ruggles.

Abaixo do caminho crítico colocam-se as funções que ocorrem ao mesmo tempo ou que são causadas pela função do caminho crítico (que responde à pergunta "Quando?").

No lado direito, acima da linha, são colocadas as funções que ocorrem sempre.

No alto, do lado esquerdo, são colocados os requisitos ou especificações (não funções) que se quer manter em evidência durante

a resolução do problema.

As linhas-limites, esquerda e direita, delimitam ou definem as fronteiras para o estudo ou para o problema.

A linha-limite esquerda é colocada entre a função básica e as funções de ordem mais alta. Assim, a função básica estará sempre imediatamente à esquerda da linha-limite esquerda.

A linha-limite direita é colocada à direita da última função secundária requerida e que exclui (para a direita) todas as funções fora do processo ou item em estudo.

Esta técnica permite uma simples e profunda definição de um problema. O uso das linhas-limites ajuda a delimitar o estudo à extensão apropriada, e a ênfase no caminho crítico enfoca o esforço crítico nas funções requeridas consideradas mais importantes.

Diagrama tipo III: "Park-Wojciechowski"

Para Park e Wojciechowski, a parte mais característica do diagrama FAST parecia ser a fácil estruturação das funções pelo uso da lógica do "Como" e do "Por que?". A ênfase, portanto, foi colocada no uso específico dessa lógica, o que resultou no tipo genérico de diagrama FAST, apresentado na figura 11.

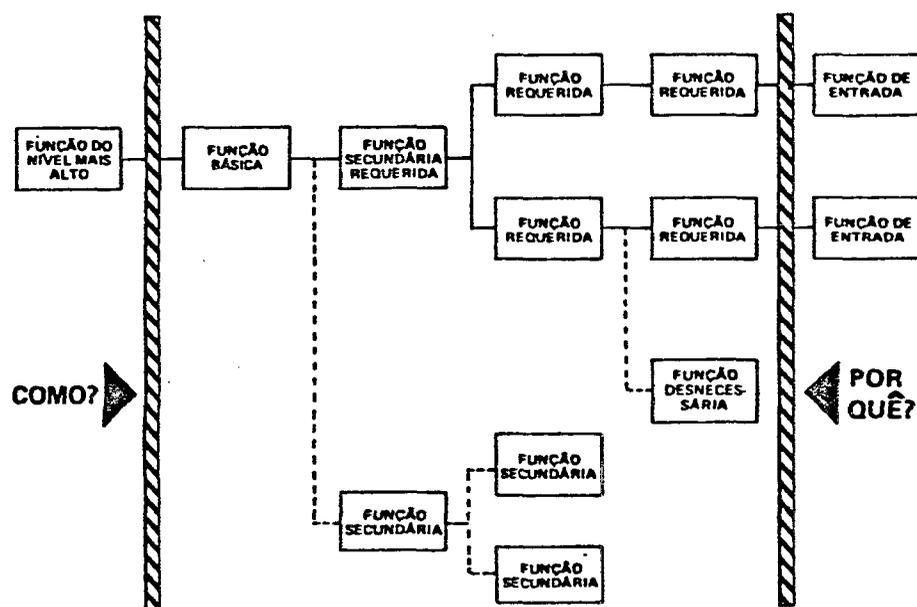


Figura 11 - Diagrama FAST proposto por Park-Wojciechowski.

Para usá-lo, começar com qualquer função.

Continuar para os dois lados, usando as perguntas "Como?" e "Por que?".

Ramificar, no caso de duas ou mais funções serem necessárias

para responder às questões "Como?" e "Por que?".

Traçar as linhas-limites assim:

- do lado esquerdo: pôr a última função do problema sobre a qual se tenha completo controle;
- do lado direito: fora do limite estarão as funções que são dados do problema ou produto. Sem essas funções, atendidas de alguma forma por alguém, não se pode resolver o problema.

Certificar-se de que a lógica do "Como?" e "Por que?" foi respeitada e que cobre todo o espaço de uma linha-limite até à outra.

Na época de seus estudos, Wojciechowski verificou que a vantagem deste tipo de diagrama FAST era sua maior facilidade de poder ser desenvolvido pelo especialista no problema.

Este sistema também é útil para estabelecimento de objetivos no controle de custos de projetos.

Diagrama tipo IV: "Fowler-Snodgrass"

Este método se concentra na análise de um produto, sob o ponto-de-vista do consumidor e/ou usuário do produto. É uma poderosa ferramenta para:

- projetar um novo produto para um mercado competitivo;
- recuperar uma posição de mercado;
- compreender o ponto-de-vista e a aceitação ou não do consumidor.

O conceito básico é que um produto tem uma função básica que é a razão de sua existência. Em adição, ele tem muitas funções secundárias de suporte, que o fazem mais aceitável ou desejável pelos consumidores. Algumas dessas funções são criadas em razão da própria natureza do produto (garantir confiabilidade, proteger usuário, etc.) e, outras, por desejos (atrair o usuário, satisfazer o usuário, etc.).

Neste tipo de diagrama, tem-se a seção da função básica com as funções secundárias agrupadas em quatro categorias, que se desmembram para incluir todas funções de suporte. Este agrupamento e desmembramento é fundamental; o diagrama inclui algumas funções secundárias que não têm valor, mas isto não pode ser determinado até que a atitude do consumidor seja definida.

A sua utilização requer os seguintes passos:

- determinar a função básica do produto;
- determinar as funções secundárias (de suporte) que tornam o produto aceitável sob o ponto-de-vista do consumidor/usuário;
- aplicar a lógica do "Como?" e "Por que?" usando o ponto-de-vista do consumidor para determinar as funções necessárias para realizar a função básica e as secundárias;
- alocar o custo do produto às funções;
- pesquisar os consumidores/usuários a fim de determinar sua aceitação, e aplicá-la às funções.

O formato deste tipo de FAST é mostrado na figura 12.

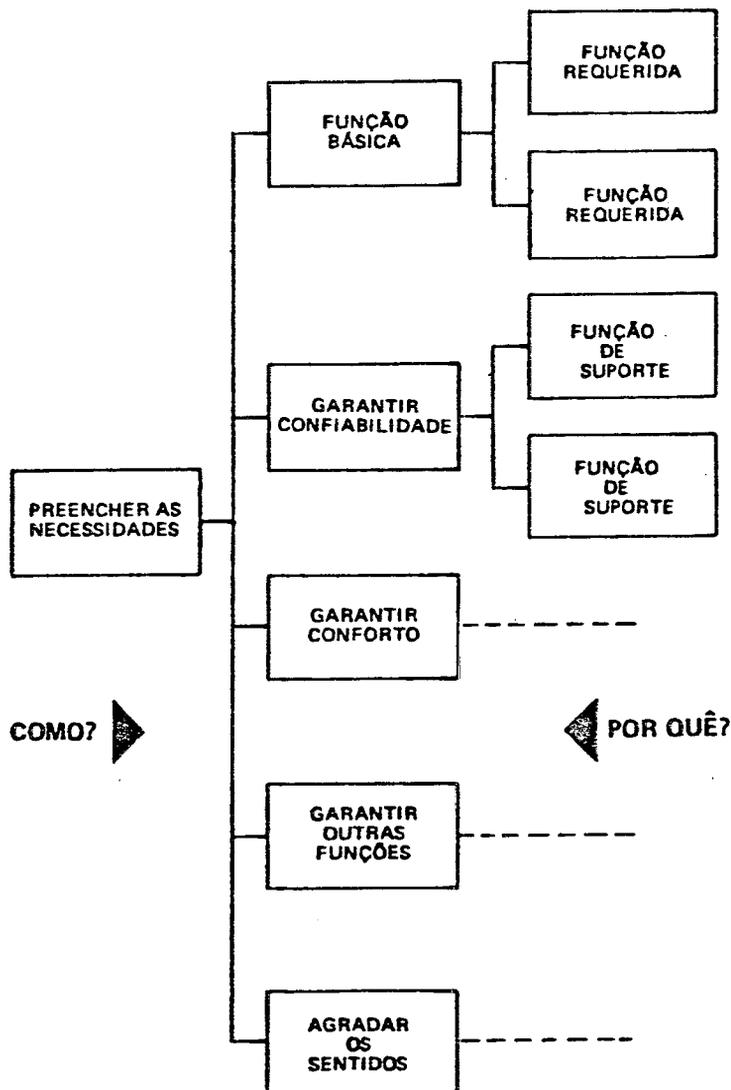


Figura 12 - Diagrama FAST proposto por Fowler-Snodgrass.